

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
B 4 1 J 2/445		G 0 2 B 19/00	2 C 1 6 2
G 0 2 B 19/00		27/18	Z 2 H 0 5 2
27/18		G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	1/1335	5 1 0 2 H 0 9 1
1/1335	5 1 0	G 0 3 B 27/32	H 2 H 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数4 O L 外国語出願 (全 55 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2001-301780(P2001-301780)	(71)出願人	590000846 イーストマン コダック カンパニー アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ チェスター, ステイト ストリート343
(22)出願日	平成13年9月28日(2001.9.28)	(72)発明者	ビクター・シー・ウォン アメリカ合衆国14623ニューヨーク州ロチ ェスター, ブライトウッズ・レイン44番
(31)優先権主張番号	0 9 / 6 7 5 3 2 7	(72)発明者	バッドリ・ナラヤン アメリカ合衆国14624ニューヨーク州ロチ ェスター, フローレンタイン・ウェイ7番
(32)優先日	平成12年9月28日(2000.9.28)	(74)代理人	100062144 弁理士 青山 葆 (外2名)
(33)優先権主張国	米国 (US)		

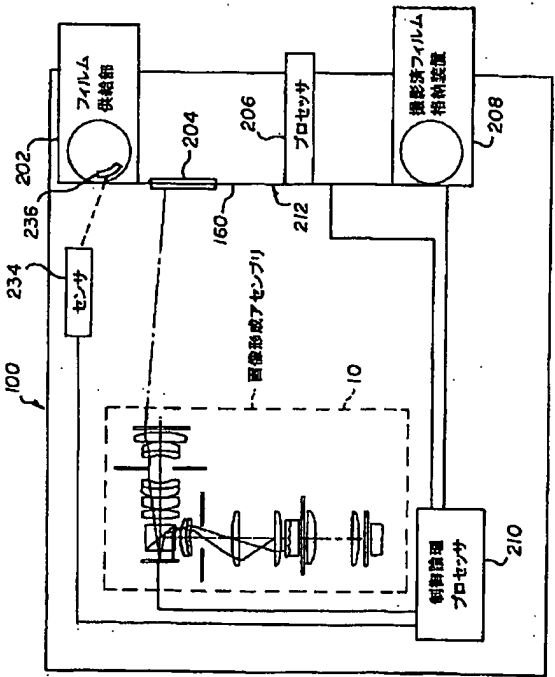
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 選択可能な光源を備えた空間光変調器を使用する単色画像の印刷方法および装置

(57)【要約】

【課題】 多くの異なる種類の感光性媒体に使用するための可能な多くの単色光源を配置できる、空間光変調器を使用した単色印刷装置を提供する。

【解決手段】 本発明に係る印刷装置において、照明光学系(11)は、1以上のLED、または、プリンタ(100)上で利用可能な他の可能な多くの単色光源から光源ビームを受け取り、そのビームを均一化および偏光し、そのビームを偏光ビームスプリッタ要素(50)を通して方向付ける。偏光ビームスプリッタ要素(50)は、1つの偏光状態の光をLCD空間光変調器(52)に方向付ける。LCD空間光変調器(52)は、偏光ビームの偏光を変調し、乾性または水性の感光性媒体(160)上にマーキングする画像に適切な出力露光エネルギーを提供する。また、随意的なセンサ(234)により、プリンタ(100)は、所定の種類の感光性媒体(160)に適切な波長の単色光源を自動的に選択できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル画像データから感光性媒体上に単色画像を印刷する印刷装置であり、前記感光性媒体は、前記単色印刷装置と適合できる複数の感光性媒体から選ばれ、前記選択された感光性媒体に適している単色光源であり、かつ、複数の光源素子から選択される選択可能な光源と、前記単色光源から放出される光を均一化する均一化装置と、前記均一化された光をフィルタリングして、あらかじめ決められた偏光状態を有する偏光ビームを提供する偏光子と、前記偏光ビームの偏光状態を変えて、印刷のための露光ビームを提供することができる複数の個別要素を備えた空間光変調器であって、前記要素の各々の状態が前記デジタル画像データに従って制御される空間光変調器と、前記偏光ビームを前記空間光変調器に方向付ける第1のレンズアセンブリと、前記露光ビームを前記選択された感光性媒体に方向付ける第2のレンズアセンブリとから成る印刷装置。

【請求項2】 前記空間光変調器が透過性LCDから成る請求項1に記載の印刷装置。

【請求項3】 前記空間光変調器が反射性LCDから成る請求項1に記載の印刷装置。

【請求項4】 前記空間光変調器がデジタルマイクロミラーデバイスである請求項1に記載の印刷装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、空間的および時間的に光ビームを変調することによって感光性媒体上に単色画像を印刷する方法および装置に関し、より詳細には、異なる波長を有する利用可能な光源の集合から好ましい波長の光源の選択を可能にするフィルム記録装置に関する。

【0002】

【発明の背景】一般的に、デジタルデータから提供される画像を感光性媒体上に記録するように適合された従来のプリンタは、多くの異なる光源から生じ、かつ多くの異なる方法で変調される光露光エネルギーを作用させる。例えば、感光処理装置において、光露光エネルギーは、CRTベースのプリンタから加えられる場合がある。CRTベースのプリンタでは、電子線管(CRT)を変調するために、デジタルデータが使用される。CRTは、その熾光スクリーンに沿って可変強度の電子ビームを走査することにより、露光エネルギーを提供する。代わりに、光露光エネルギーは、米国特許第4728965号(Kessler等)に開示されるように、レーザーベースのプリンタから加えられる場合がある。レーザーベースのプリンタにおいて、そのビームは、イメー

ジング平面上の回転ポリゴンによって走査されるので、デジタルデータは、レーザーのオン時間またはレーザー強度を変調するために使用される。

【0003】CRTベースのプリンタ、及びレーザーベースのプリンタは、感光処理用途、すなわち消費者および商業マーケティング用の写真プリントを満足に実行する。しかし、コストおよび複雑さを減ずるために、感光処理プリンタにおいて使用する別の技術が考えられている。開発中の技術のふさわしい候補のなかに、2次元空間光変調器がある。

【0004】例えば、液晶デバイス(LCD)、またはテキサス州ダラスにあるテキサスインストルメント社のデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)を利用した2次元空間光変調器は、イメージング用の入射光ビームを変調するために使用できる。空間光変調器は、本質的に、光バルブ素子の二次元アレイであり、各々の要素は1つの画像ピクセルに対応するとみなすことができる。各々のアレイ要素は、個々にアドレス指定可能であり、デジタル的に制御され、光源からの入射光を、光の偏光状態を変調することによって変調する。それ故、空間光変調器の付属の光学系の全体的な設計において、偏光を考慮することは重要である。

【0005】現在使用されている2つの基本タイプの空間光変調器がある。開発された第1のタイプは、透過性空間光変調器であった。それは、その名が示すように、個々のアレイ要素を透過した光ビームを変調することによって動く。その後開発された第2のタイプは、反射性空間光変調器であった。反射性空間光変調器は、その名が示すように、個々のアレイ要素を通して反射された光ビームを変調することによって動く。この用途に関するLCD反射性空間光変調器の適当な例は、集積CMOSバックプレーンを利用し、フットプリントを小さくし、均一特性を改善することができる。

【0006】従来、LCD空間光変調器は、米国特許第5325137号(Konno等)に開示されるような、画像ディスプレイのデジタル投影システム用に、及び米国特許第5808800号(Handschy等)に開示されるような、ヘルメット内の取り付けにふさわしい、または眼鏡によって支持される小型画像ディスプレイ装置において、開発され、採用されている。また、使用されるLCDプロジェクタ、及びディスプレイの設計は、一般的に、米国特許第5743610号(Yajima等)において開示されるように、原色の各々に対して1つを使用する等の、1以上の空間光変調を採用する。

【0007】プロジェクタ、及びディスプレイ用のイメージングの必要条件(米国特許第5325137号、第5808800号、及び第5743610号において代表される)は、プリント用のイメージングの必要条件と非常に異なるということに注目することは有益である。

10

20

30

40

50

プロジェクタは、コントラストや解像度のような、プリントにおける重要な特性に二次的な重点が置かれつつ、スクリーンに対して最大光束を提供するように最適化される。プロジェクタ、及びディスプレイ用途の光学システムは、人間の眼の反応に対して設計される。人間の眼は、ディスプレイを見るとき、表示される画像が連続的にリフレッシュされ、離れた場所から見られるので、人口画像（処理により生じた偽の画像）や収差に対して、及び画像の不均一性に対して、相対的に鈍感である。しかし、高解像度印刷システムから印刷された出力を見るとき、印刷された出力において、光反応の不規則性はずっと容易に目に見え、不快であるため、人間の眼は、人口画像や収差に対して、及び画像の不均一性に対して、とうてい「寛大」ではない。このため、印刷用に均一な露光エネルギーを提供する光学システムが、かなり複雑である場合がある。さらに重要なのは、解像度の必要条件の差である。人間の目に適用されると、投射システムおよび表示システムは、例えば、72dpi以下のような典型的な解像度を見るように最適化される。他方、写真印刷装置、特に、システムによっては8000dpiを提供することが期待できる微小縮刷用途用に設計される装置は、はるかに高い解像度を達成しなければならない。従って、LCD空間光変調器は、投射および表示から高解像度印刷までのイメージング用途の範囲において使用できる一方、付属の光学系に関する必要条件は大きく変化する可能性がある。

【0008】おもに、空間光変調器は、費用および大きさという点で非常に優位であるため、これらの装置は、米国特許第5521748号（Sarraf）に示されているプリンタのようなライン印刷システムから、米国特許第5652661号（Gallipeau等）に記載されているようなエリア印刷システムまで、さまざまな印刷システムに対して提案されてきた。米国特許第5461411号に示されているようなテキサスインスツルメンツDMDを使用する1つのアプローチは、米国特許第5504514号に示されているような、光源として発光ダイオードを使用するさらに長い露光時間等の空間光変調器印刷に共通する優位点を提供する。しかし、DMD技術は非常に特殊であり、広く使用できない。その結果、DMDは高価であり、より高い解像度の必要条件に対して容易に拡大または縮小することができない。DMDを使用する現在利用可能な解像度は、すべての印刷ニーズに十分ではない。さらに、DMDを使用して解像度を増加させることにに対して、明確な技術的な経路がない。

【0009】感光処理プリンタ用の好ましいアプローチは、LCDベースの空間光変調器を使用する。液晶変調器は、空間光変調器を必要とする用途に対して、低費用の解決策となりうる。一般的に利用可能なLCD技術を使用する写真プリンタは、米国特許第5652661

号、第5701185号（Reiss等）、及び第5745156号（Federico等）に開示されている。本出願は、主に、LCD空間光変調器の使用を扱うが、以降の説明におけるLCDについての言及は、大部分は、上記に示されたDMDのような他の種類の空間光変調器に対して汎用化される。

【0010】主として、デジタル画像の初期開発、及びデジタル画像の画面投射との関連のために、空間光変調器は、おもに、連続トーン（コントーン）カラーイメージング用途に適用されてきた。二次元パターンでビームを走査する上述のCRTベースおよびレーザベースの装置等の他のデジタル印刷装置と異なり、空間光変調器は、一度に1つの完全なフレームの画像を与える。LCDを使用すると、所望の画像濃度を達成し、かつ媒体相反特性を制御するために、総露光期間および1つのフレームに供給される全体の露光エネルギーを、必要に応じて変えることができる。好ましくは、感光処理用途に対して、それぞれ個々のピクセルのタイミングおよび強度制御に関する能力は、LCDプリンタが、グレースケールイメージングを提供することを可能にする。

【0011】LCD技術を使用する大部分のプリンタ設計は、米国特許第5652661号および第5701185号に開示されるように、透過性空間光変調器としてLCDを採用する。しかし、Ramanujan等による「反射性液晶変調器ベースの印刷システム（Reflective Liquid Crystal Modulator Based Printing System）」と題される、1998年11月19日に提出された共通に譲渡された同時係属米国特許出願第09/197328号に開示されるように、反射性LCDアレイの改善されたサイズおよび性能特性は、この技術を、従来のカラー写真印刷の望まれる代替にした。Ramanujanの出願において述べられるように、カラー写真印刷は、順次方式で使用される複数のカラー光源を必要とする。付属の照明光学系は、広帯域ビームスプリッタキューブを含む広帯域光源を使用することが要求される。そのようなプリンタの光学システムは、カラー印刷用途のために、テレセントリックな照明を提供しなければならない。要約すると、すでに概略が述べられたように、フィルム印刷の感光処理システムの発展において、カラーイメージング用のコントーンイメージングの必要条件は、解決策としてLCD空間光変調器を利用することにより、適切に満たされることが理解できる。

【0012】微小縮刷またはコンピュータ出力マイクロフィルム（COM）イメージング、診断イメージング、及び他の特殊化した単色イメージング用途の印刷システムは、光学システムに対して多くの特有の課題を提示する。COM環境において、画像は、長期記憶および検索可能のためにアーカイブに入れられる。従来のカラー写真画像と異なり、マイクロフィルムアーカイブは、例え

ば、環境によっては、何百年も存続することが意図される。従って、このアーカイブの必要条件は、画像品質に対する多くの関連する必要条件を進める。例えば、画像再生品質に関して、微小縮刷用途の主要な期待の1つは、アーカイブの媒体に記憶されるすべての画像が、高コントラストの白黒画像として書き込まれることである。カラーフィルムは、それがアーカイブのためにはあまりにも早く劣化し、必要とされる解像度を提供することができないので、COM用途の媒体として使用されない。一方、グレースケール表示は、従来の微小縮刷プリンタに使用することができなかった。確かに、複調表示は、英数字の記憶、及び、例えば、工学およびユーティリティの環境で使用されるような標準型の線画用に適切である。複調画像を感光性媒体上に記録するために、プリンタによって加えられる露光エネルギーは、オンまたはオフのどちらかであり、中間レベル、またはグレースケール表示のない高コントラスト画像を作成する。

【0013】秀逸なコントラストに対する必要条件に加えて、COM出力の高い解像度に対する必要条件がある。例えば、COM画像は、決まって40X以上という縮図で媒体上に印刷される。全般的に、微小縮刷媒体は、従来の染料ベースの媒体がカラー写真イメージングに供給するよりもはるかに高い解像度を提供するように設計される。高い解像度を提供するために、微小縮刷媒体は、その感光性乳剤においてはるかに小さな粒子サイズのAgXを利用する。相応して、COMシステムの光学部品は、従来のカラー感光処理装置に対して設計された光学部品よりもはるかに、解像度を最大限にするように設計される。

【0014】従来のCOMプリンタは、CRTベースのイメージング光学系およびレーザーベースのイメージング光学系の両方を、都合良く利用する。しかし、改善の余地がある。例えば、米国特許第4624558号（Johnson）に開示されるように、COM用途のCRTベースのプリンタは、相対的に高価で、かさばる場合がある。米国特許第4777514号（Theer等）に開示されるようなレーザーベースのプリンタは、その回転するポリゴン、及びビーム整形光学系を備えたレーザーイメージングシステムが、特に、プリンタ用途のために設計されなければならないので、サイズと費用の制約を与え、機械的により複雑になる場合がある。加えて、レーザープリンタは、従来の感光性媒体と共に使用されるときに、高い強度の相反障害を示し、従って、COM使用のための特別な媒体の設計を必要とする。

【0015】COMイメージングに採用されるさらに最近の技術は、例えば、ニューヨーク州、ロチェスターのイーストマンコダック社によって製造される4800型ドキュメントアーカイブライターにおいて使用されるような、線形発光ダイオード（LED）アレイ等のリニアアレイの使用を含む。もう1つの代替は、米国特許第

030970号（Rau等）に開示されるような、リニア光バルブアレイの使用である。しかし、リニアアレイを使用する露光プリンタヘッドを使用すると、COMライタは、主に付属の構成部品の費用のために、及び駆動電子部品の複雑さのために、相対的に高価であり続ける。性能、または頑健性を犠牲にすることなく、コストを削減し、COMデバイスのサイズと複雑さを減ずるという長い間の切実なニーズがある。

【0016】従来のCOMプリンタの周知の欠点は、COMプリンタ設計と特定の種類の感光性媒体の露光感度特性との間の相互依存性に関係している。現在、ある特定の種類のCOMプリンタは、単一の種類のCOM媒体上にも書き込むように設計されている。逆に言えば、ある特定の種類のCOMプリンタにおいて、ただ1つの種類のCOM媒体しか使用できない。ある特定の種類のCOMプリンタの露光光学系は、特定のレベルの露光エネルギーを、特定の範囲の波長を介して、COM媒体に適用するように設計されている。この制約のため、特定の製品および型式のCOMプリンタを購入する顧客は、そのCOMプリンタを、特にそのプリンタ用に開発されたCOM媒体としか、または、類似の特性を有する非常に限られた数の他の種類の媒体としか使用することができない。これは、COMプリンタにおいて使用される同じ媒体処理サブシステムが、フィルム供給部からの異なる種類の感光性媒体を、露光セクションを通して、露光された媒体用のフィルム処理ユニット、またはフィルム記憶装置に送ることができるとしても当てはまる。

【0017】露光波長は、特定の媒体に対するCOMプリンタの使用を制約する1つの重要な特性である。既存のCOMプリンタは、露光エネルギーのソースとして単色光を使用する。種々のCOM媒体が、さまざまな波長を持つ単色露光光に関する最適な性能に対して設計されている。例えば、コダックアーカイブストレージメディア3459は、685nm付近の露光波長に対して最適化されている。他方、コダックイメージリンクDLマイクロフィルムは、633nmで露光されるときに最適感度に対して設計される。

【0018】このCOMプリンタ特性とCOM媒体特性との相互依存性は、多くの観点から不利である。改善されたCOMプリンタの開発は、露光光学系が特定の出力波長のみを提供するという必要条件によって制約される場合がある。改善されたCOMフィルムの開発、および、マーケティングは、COMフィルムが既存のCOMプリンタで使用可能な露光波長で使用されるという必要条件、または新しいCOMプリンタが露光エネルギーを適切な波長で提供するために開発されるという必要条件のどちらかによって制約される場合がある。これらの制約は、COM媒体とCOM印刷装置の両方の生産に費用を加算し、与えられた状況に対して好ましいプリンタまたは媒体の種類を使用するCOM顧客の自由度を制限す

る。

【0019】従来のCOM印刷装置は、わずかな媒体感度変動に対して、ある程度調整されることが可能であるが、そのような決まりきった調整は、予想されるパッチ対パッチの媒体変動に、狭い範囲で適応するためだけに行われる。この目的のために、校正ルックアップテーブル(LUT)は、いくつかのシステムで使用され、露光特性(露光時間および強度)を調整し、(媒体のエージングによる等の)わずかなドリフトまたはパッチ感度差を補償する。しかし、この種の解決策は、異なる波長感度を有する種々の型の媒体を処理することに対しては適切ではないだろう。露光エネルギーの強度およびタイミングが調整できるとしても、これらの露光要因は、画質に不快な影響を及ぼさずに、狭い範囲を越えて、媒体波長感度差を適当に補償することができない。

【0020】従来の露光光学システムは、単一の種類の露光光源の使用に制限される。使用される光源の種類に応じて、さまざまな波長で露光光を提供することが可能であってよい。例えば、露光光源がハロゲン電球である場合、配列された互換性のあるフィルタを提供し、フィルタの選択に応じて、複数の露光波長の中から選択を可能にすることができるであろう。しかし、このような解決策は、フィルタ要素の手動の挿入、または、もし、自動化されているなら、光学経路にフィルタを配置する移動部品を必要とするだろう。また、例えば、複数のレーザを提供し、ある特定のCOM媒体に対し、露光光学経路において、オペレータによって起動される、または、自動化された特定のレーザを選択することを可能にすることができるだろう。しかし、このような解決策は高価な構成要素を必要とし、相当の機械的複雑さを導入しなければコンパクトな実装は可能でないだろう。選択可能な露光波長を提供する現実的な解決策は、従来のCOM光源によって提供されない低費用、コンパクトな実装、および、機械的な簡略さという目標を満たさなければならない。さらに、可能な場合には、自動化された機構の方が、特定のCOM媒体にCOMプリンタを適応する手動方法より好ましい。

【0021】従って、あるCOM印刷装置に対するニーズがあることが分かる。そのCOM印刷装置は、COM媒体が異なる露光特性を有する別の種類のCOM媒体の使用を可能にし、装填されているCOM媒体の種類に対して自動化された検知および応答を可能にし、かつ、安価で、コンパクトで、頑強である改善されたCOM印刷装置である。

【0022】本発明の目的は、感光性媒体上にイメージングを行う空間光変調器を使用した印刷装置を提供することである。ここで、その印刷装置は、多くの可能な単色光源のうち任意の1つを使用することができる。

【0023】

【発明の概要】本発明のある側面によると、装置は、デ

ジタル画像データからの単色画像を、その単色印刷装置と適合できる複数の感光性媒体から選択される選択された感光性媒体上に印刷する。選択可能な光源は、複数の光源素子から、選択された感光性媒体に適している単色光源を選択する。均一化装置は、その単色光源から放出される光を均一化する。その均一化された光をフィルタリングする偏向子は、あらかじめ決められた偏光状態を有する偏光ビームを提供する。空間光変調器は、その偏光ビームの偏光状態を変えて、印刷のための露光ビームを提供することができる複数の個別要素を備える。その要素の状態は、デジタル画像データに従って制御される。要素の状態第1のレンズアセンブリは、偏光ビームを空間光変調器に方向付け、第2のレンズアセンブリは、露光ビームを選択された感光性媒体に方向付ける。

【0024】本発明の実施の形態によると、単色光源素子の集合のうち任意の1つは、感光性媒体を露光する光源として、選択的にエネルギーが与えられることが可能である。単色露光光は、均一化装置または積分器を通過し、空間的に均一な単色光源を印刷装置に提供する。その後、その単色光は偏光され、偏光ビームを空間光変調器に方向付けるビームスプリッタを通過する。デジタル画像データに従って制御される、空間光変調器の個々のアレイ要素は、入射光の偏光回転を変調するために、オンまたはオフされる。各々のピクセルの変調は、光源からの光のレベルを制御することによって、空間光変調器におけるそれぞれ個々のピクセルに対する駆動電圧の制御によって、または、それぞれ個々のアレイ要素のオン時間の期間を制御することによって達成される。その後、結果として得られる光が、レンズアセンブリを通過して方向付けられ、感光性媒体を露光する。

【0025】本発明の好ましい実施の形態によれば、LEDのアレイを使用することによって、複数の単色光源が利用可能となる。ここで、アレイ内におけるLEDの種々の集団は、選択的にエネルギーが与えられ、種々の波長で光学露光エネルギーを提供される。

【0026】

【発明の効果】本発明の効果は、単一の単色印刷装置が、いろいろな種類の媒体を使用することができるということである。ここで、媒体の種類は、露光波長に対する感度の点で異なる。これは、既存の印刷装置が、媒体の性能における改善だけではなく、新しい媒体種類を利用することを可能にする。逆に言えば、これは、新しい印刷装置が、新しく導入された媒体種類と既存の媒体種類の両方を使用するように設計されることを可能にする。

【0027】本発明の更なる効果は、イメージングに使用される露光波長の範囲にわたる変化が可能になることによって、さらに低費用の感光性媒体の開発が可能になるということである。

【0028】本発明の更なる効果は、何の移動部品も導

入することなく、および、プリンタのコスト、サイズ、または機械的な複雑さを、認めうるほどに増大させることなく、波長選択性を提供できるということである。

【0029】本発明の更なる効果は、印刷装置に装填されている媒体の種類を検出に基づき、適切な光源を自動的に選択し、従って、オペレータの相互作用および生じるオペレータのエラーを排除する機構を提供することである。

【0030】明細書は、特に、本発明の主題を指摘し、明確に主張する特許請求の範囲に結論付けられるが、本発明は、添付の図面と共に、以下の説明からよりよく理解される。

【0031】

【発明の詳細な説明】本説明は、特に、本発明による装置の一部を形成する要素、または、本発明による装置と直接的に働き合う要素に向けられる。明確に図示されたり、説明されていない要素が、当業者に周知のさまざまな形を取ってよいことが理解されるべきである。

【0032】以下の説明は、微小縮刷COM用途に使用される単色プリンタに焦点を合わせていることに注意しなければならない。しかし、ここに開示される装置および方法は、例えば、診断イメージング装置等の、他の種類の単色デジタル印刷装置に使用されてもよい。

【0033】同じ参照番号がいくつかの図を通して全く同一の、または相当する部品を示す図面を参照すると、図1は、概して符号100で参照されるCOMプリンタ等のアーカイブプリンタを図示する。プリンタ100は、画像形成アセンブリ10と媒体処理サブシステム212とを備える。媒体処理サブシステム212は、フィルム供給部202、露光セクション204、随意的なフィルムプロセッサ206、及びフィルム格納ユニット208を備える。制御論理プロセッサ210は、プリンタ100に対する画像データを受け取って処理し、画像形成アセンブリ10と媒体処理サブシステム212の構成要素の全体的操作を制御する。プリンタ100の操作は容易であり、全体的に、COMプリンタに使用される一般的なパターンに従う。印刷するために、感光性媒体160の現像されていない部分がフィルム供給部202から露光セクション204に進められる。画像形成アセンブリ10は、画像データを感光性媒体160上に印刷するために制御論理プロセッサ210と協調する。その後、感光性媒体160の露光された部分は、画像を現像するために処理の準備ができている。プリンタ100が乾燥処理された媒体を使用する、ある実施の形態において、フィルムプロセッサ206は、図1に示されているように、プリンタ100自体に内蔵されてよい。感光性媒体160の露光された部分は、フィルムプロセッサ206に進められ、そこで、熱プロセスを使用して、露光された潜像が現像される。水性(AgX)媒体用に設計されたプリンタ100の場合、フィルムプロセッサ20

6の画像現像機能は、従来のハロゲン化銀フィルム現像薬品および技術を使用して、別個の現像装置(図示されない)によって実行される。水性媒体を使用したプリンタ100の場合、フィルム格納ユニット208は、一般的に、カセットであり、そのカセットは、露光された感光性媒体160を周囲光から保護された状態に保つように、かつ感光性媒体160を別個の現像装置へ移行する手段を提供するように設計されている。

【0034】図2を参照すると、照明光学系11を備える画像形成アセンブリ10が図示されている。照明光学系11は、以後述べられるように、選択可能で、かつ多くの種類のランプ、または電気光学構成要素を使用して実現することができる光源29を備える。もし光源29がハロゲンランプを備えるなら、図2に図示されるように、アセンブリ内でランプに続いて赤外線拒絶フィルタ31を組み込むことが賢明である。光源29から放射される光は、レンズ37によって合焦され、均一化装置35に導かれる。

【0035】均一化装置35は、2枚のフィールドレンズ36と42、及び小型レンズ(lenslet)アレイアセンブリ40を備え、光の均一化装置として働く。小型レンズアレイアセンブリ40は、2つの小型レンズアレイ40aと小型レンズアレイ40bを含む。レンズ36とレンズ37は、単色光を、小型レンズアレイアセンブリ40の入射開口に導く。画像形成アセンブリ10内の共役面が、破線28によって示されている。

【0036】中間の照明平面における光は、分割されて、小型レンズアレイ40a内の要素の数に等しい多くの部分になる。その後、個々の部分は、第2の小型レンズアレイ40bと第2のフィールドレンズ42とによって画像化され、拡大される。続くフィールドレンズ44と共に均一化装置35を通過する光は、随意的な開口絞り46およびリレーレンズ48を通過する。リレーレンズ48は、偏光ビームスプリッタ要素50の直前に位置される。また、リレーレンズ48、及びフィールドレンズ44は、図2において、別個の要素として示されているが、図2に描かれているような2枚の個々のレンズ要素48とレンズ要素44の代わりに、均一の照明を提供する単一の複合レンズ49(図示されない)が採用されてもよいことに注意すべきである

【0037】偏光ビームスプリッタ要素50は、s偏光状態の光142(図示されない)とp偏光状態の光144(図示されない)との間で十分な消光を提供することができないため、随意的な線形偏光子38が、偏光ビームスプリッタ要素50の前に組み込まれてよい。線形偏光子38を配置することができる複数の場所がある。このような位置の1つは、小型レンズアレイアセンブリ40の直前である。線形偏光子38は、偏光ビームスプリッタ要素50の軸に平行な偏光状態を分離するために使用される。これは、偏光ビームスプリッタ要素50によ

って決定される偏光状態を増強し、漏れ光を減らし、それによって、結果として生じるコントラスト比を高めるのに役立つ。再び図2を参照すると、偏光ビームスプリッタ要素50を通過するs偏光状態の光142は、好ましい実施の形態では反射性LCDである反射性空間光変調器52の面に方向付けられる。p偏光状態の光144は、偏光ビームスプリッタ要素50を通過する。フィールドレンズ44、リレーレンズ48および偏光ビームスプリッタ要素50は、偏光を空間光変調器52に方向付ける第1のレンズアセンブリ41を構成する。

【0038】図3を参照すると、このシステムの空間光変調器52は、二次元反射性偏光ベースの空間光変調器に合わせて設計されている。空間光変調器52は、それぞれが個別に変調される複数の変調器サイト53を含む。光は、空間光変調器52を通過し、空間光変調器52の後部反射面から離れて反射され、空間光変調器52を通過して戻り、プリントレンズアセンブリである第2のレンズアセンブリ132を通過して画像平面150上に方向付けられる(図2)。もし、空間光変調器52を通る往復の間に、変調器サイト53が「オン」、すなわち明るいなら、光の偏光状態は回転する。理想的なケースでは、光は、変調器サイト53が「オン」状態にあるときに90度回転する。しかし、この理想的な回転度は、めったに容易に達成されない。もし、所定の変調器サイトが「オフ」、すなわち暗いなら、光は回転しない。回転しない光は、偏光ビームスプリッタ要素50をまっすぐに通過せず、偏光ビームスプリッタ要素50によって媒体平面から離れて再び方向付けられる。空間光変調器52によって回転する光は、楕円偏光されてもよいことが注目されるべきである。線形偏光子を通過すると、光は線形性を取り戻す。しかし、線形偏光子を通過しない光は楕円性を保持する。

【0039】上述されたように、最も容易に使用可能な反射性偏光ベースの変調器の選択肢は、反射性液晶変調器である。このような変調器は、もともと、投射ディスプレイに使用するために開発され、4000×2000の変調器サイトと同じくらい高い解像度を有することが可能である。現在、1200×1600サイトという解像度が、0.9インチの対角面と同じくらい小さいフットプリントで使用できる。これらの高解像度反射性LCDは、投射ディスプレイにおいて強誘電体等の他の種類の反射性LCDがよく利用されるが、しばしば、ツイストネマチックLCDまたはホメオトロピックに位置合わせされた反射性LCDである。これらのLCDの重要な特性のいくつかは、高解像度、高いコントラスト(>100:1)、毎秒70フレーム以上という速いフレーム速度および高い口径比(>90%)である。加えて、CMOSバックプレーンの組み込みは、アレイ全体の均一性を高める。また、LCDは、パルス幅変調とアナログ操作のいずれかを通して、8ビットグレースケールを生

成することができる。いずれの場合でも、データは、制御論理プロセッサ210(図1)によって制御されるとき、デジタルで印刷システムに導入される。これらの特性は、反射性LCDが、反射性印刷システムにおいて使用する優れた選択肢であることを保証する。

【0040】空間光変調器52は、多くの異なる構成で設計することができる。低費用印刷システムに最も従うものは、単一チップシステムである。好ましい実施の形態において、空間光変調器52は、特に単色使用のために設計された単一チップ素子であり、最適なフレーム速度を提供する。

【0041】本発明によると、光源は、多くの選択可能な波長を有することが可能である。従って、変調器がそれに対して最適化されていない波長の光を用いて、空間光変調器52を使用することが必要である。そのような場合には、最適な性能を得る方法がある。例えば、与えられた液晶組成、厚さおよび印加電圧のために、入射ビームに結果として生じる偏光回転は、波長によって変化し、故に、変調の効率およびコントラストが波長の関数として変化しうる。明るい、すなわち「オン」状態では、回転におけるこの差がシステムの効率を生み出す。言い替えると、実際に回転され、媒体平面の上に像が形成される入射光のパーセンテージは、変化しうる。この波長効率の差は、イメージング技術における周知の技法を使用して、媒体によって必要とされるパワー密度を得るために、波長に基づいて、照明強度および露光時間を適応することによって説明することができる。問題は、暗い、すなわち「オフ」状態で特に深刻である。この状態では、光は回転されず、偏光ビームスプリッタ要素50を通過して方向付けられ、像が形成されることはない。もし、光が実際には回転されるなら、光は、イメージングシステムを通過して漏れ、コントラストを減少させる。

【0042】別の実施の形態において、コントラストは、偏光補償装置または選択装置を使用して、波長に関して調整することができる。空間光変調器52の断面図が示されている図4を参照すると、偏光補償器76は、空間光変調器52の表面に導入されてもよい。図4に示されるように、最上の面または層は、偏光補償器76を含み、第2の表面または層は、空間光変調器52のカバーガラス74であり、第3の層は、反射性バックプレーンを備えた空間光変調器52それ自体である。空間光変調器52の後には、アクチュエータ70とアクチュエータ72、または、空間光変調器52を配置するアクチュエータ用マウントが取り付けられている。

【0043】コントラスト調整の別の方法は、光ビームの経路に、光の偏光状態を校正する偏光補償器を組み込むことである。単一の補償器が、光学経路に位置され、特に光のオフ状態を校正することができる。しかし、偏光補償装置は高価な場合がある。同じ結果を達成する高率のだが安価な手段が、線形偏光子を用いて得られても

よい。上述したように、単一のLCDは、照明の色に応じたある程度の偏光回転を与える。コントラストを最大限にするためには、真に暗い「オフ状態」を提供する特別な注意が払われなければならない。空間光変調器52からの光の回転は、必ずしも、偏光ビームスプリッタ要素50とオフ状態で完全に交差するとは限らないため、追加の偏光選択肢が、光学経路の中に組み込まなければならない。また、偏光ビームスプリッタ要素50は、完全ではなく、ある程度の量の光を漏らす。これらの理由のため、追加の偏光板を、プリントレンズアセンブリ132の直前または直後のいずれかに置くことができる。この追加の偏光子は、偏光ビームスプリッタ要素50を通過する漏れ光を遮断するのに役立つ。特に、特定のLCD変調器の場合、光の暗い状態は、実際に、偏光ビームスプリッタ要素50の偏光透過方向から7度回転する。好ましい実施の形態においてこれを校正するために、第2の偏光子134（図2）が提供され、軸から離れて7度回転し、漏れ光を抑制する。偏光子134が設置されなければならない特別の角度は、選択された印刷システムおよび光源に対して選ばれる特別の反射性LCDの関数である。提案された光学系経路における偏光子134の設置が、図2に示される。

【0044】（ディザ処理）プリンタ100の別の実施の形態において、固有のLCD解像度を高めるため、および、変調器サイトの欠陥を補償するために、ディザリングを使用することができる。標準的な高い口径比の空間光変調器52のためのディザパターンが、図5の

（a）から図5の（d）に示されている。

【0045】最大径（full aperture）LCDをディザリングすることは、ある位置で空間光変調器52の像を与え、空間光変調器52を変調器サイトの一部の距離だけ離して再配置し、その像を与えることである。こうすると、複数の画像が作成され、重複される。複数の画像を重複することによって、システムは、変調器サイトの障害またはドロップアウトを校正する冗長性を獲得する。さらに、位置の間のデータを補間し、更新することによって、有効な解像度が高められる。図5の（a）から図5の（d）に描かれている例のディザリング方式を参照すると、空間光変調器52は、最初に、第1の変調器位置61に位置され、変調器サイト63が位置され、その像が与えられる（図5の（a））。その後、空間光変調器52は、前の位置61から横方向に変調器サイトの2分の1だけ変位された第2の変調器位置62（図5の（b））に移される。その後、空間光変調器52は、位置62で像が与えられる。空間光変調器52は、その後、前の位置62から縦方向に変調器サイトの2分の1だけ変位される。これは、空間光変調器52が初期位置61から第3の変調器位置64（図5の（d））に対角に変位されることを意味する。変調器サイト63は、照らされ、媒体が再び露光される。空間光

変調器52は、その後、第3の位置64（図5の（c））から横方向に変位された第4の変調器位置65に移される。その後、媒体は、この位置で露光される。このパターンを使用すると、書き込まれるデータ量は、實際上、4倍増加する。これは、画像解像度を高め、さらに画像を鋭敏にする手段を提供するのに役立つ。代わりに、高い口径比を使用すると、適切な結果を達成するために、ある対角方向に（つまり、例えば、図5の（a）に示されている第1の位置61から図5の（d）に示されている第3の位置64まで）単にディザリングするだけで十分でありうる。

【0046】ディザリングは、変調器の2方向の運動を必要とする。典型的な反射性LCD変調器の場合、運動のそれぞれの増分は、およそ $5\mu\text{m}$ と $20\mu\text{m}$ の間である。この増分運動を達成するため、図2に示されるように、多くの異なるアクチュエータ54または運動アセンブリが採用されてもよい。例えば、そのアセンブリは、2つの圧電アクチュエータを使用することができる。

【0047】ディザリングの別の実施の形態において、投射ディスプレイ用に設計された反射性LCD素子に対する最小の修正を要求すると、素子は、半開口部付き（sub-apertured）であってよい。解像度を顕著に高めるために、変調器は、比較的に小さい口径比を含んでもよい。理想的には、この開口は、それぞれの変調器サイト内で対称に設置されなければならない。結果は、面積の一部だけが光を透過させる変調器サイトである。図6を参照すると、半開口部付きエリア変調器が示されている。黒い領域80は、素子の非反射性、非透過性領域を表す。透明な領域82は、LCDの半開口部付き透過領域を表す。

【0048】図7は、別の二次元LCD空間光変調器52'の断面図である。LCD76'がその上部に載っているCMOSバックプレーンの形であってよいフレーム78'がある。LCD76'の上には、カバーガラス74'がある。半開口部は、図6のパターンを達成するために、フレーム78'におけるマスクとして、LCD76'におけるパターンとして、または、LCD76'に最も近いカバーガラス74'の表面上のパターンとして存在してよい。それぞれの方向で解像度を2倍にするために、約25%の半開口部が採用されてよい。25%の口径比の素子をディザリングすることによって、画像における解像度を2倍にすることが可能である。

【0049】図8の（a）から図8の（d）は、半開口部付き素子のディザリングを表す。空間光変調器52は、第1の変調器位置84（図8の（a））に位置され、半開口部付き変調器サイト92が位置され、露光される一方、暗くなった（非反射）領域94は感光性媒体160の上に像が形成されない。空間光変調器52は、前の位置84から横方向に最大変調器サイトの半分（半

開口部およびその周囲の非反射領域)だけ変位された第2の変調器位置86(図8の(b))に移される。その後、空間光変調器52は、位置86で露光される。その後、空間光変調器52は、前の位置86から第3の変調器位置88(図8の(c))に縦方向に最大変調器サイトの半分だけ変位される。それは、空間光変調器52が第1の変調器位置84での始点から対角に変位されることを意味する。その後、空間光変調器52は照らされ、媒体が再び露光される。その後、空間光変調器52は、第3の位置88から横方向に変位される第4の変調器位置90(図8の(d))に移される。媒体は、この位置で露光される。実際には、書き込まれるデータ量は4倍増加する。これは、画像解像度を高め、さらに画像を鋭敏にする手段を提供するのに役立つ。図6に近似されるように、面積あたり25%の半開口部は、4つのステップのディザリングに最高画像品質を与える。しかし、変調器サイトにおいて冗長性を可能にするために、領域ごとに25%を上回る半口径比を使用することはよりよい。

【0050】半開口がそれぞれのセル内で対称に設置されないとき、ディザリングはきわめて困難になる。異なる動作期間が採用されてもよい。例えば、変調器サイト半分の垂直動作と組み合わされた最大変調器サイト幅の横方向動作は、ディザパターンを作る。しかし、このような動作は、人工画像を与える傾向が非常に強い。この問題を回避する簡単な方法は、奇数の列だけを使用してディザリングし、その後、偶数の列だけを使用してディザリングを繰り返すことである。代わりに、そのディザアルゴリズムは、別のパターンに従い、例えば、偶数行をディザリングしてから、奇数行をディザリングしてもよい。

【0051】別の実施の形態において、空間光変調器52は、ディザリングされないままである。しかし、ディザリングは、図9に示されているように、共役画像平面28の1つで行われる。この共役平面28において、半開口部を含むマスク184が設置される。空間光変調器52での変調器サイトに対する情報コンテンツが更新される間にディザリングされるのがマスク184である。素子は半開口部付きでなくてもよいが、これにより、半開口部付き画像を記録することができる。また、中間画像平面を作ることでも可能である。しかし、これは厄介であることがわかるだろう。

【0052】マスク184の使用によってディザリングを達成するもうひとつの手段は、感光性媒体160の直前の画像平面内にマスク184を設置することである。このマスク184は、その後、ディザ位置間で素子にデータがリフレッシュされる間にディザリングされてもよい。このディザ方法は、中間画像の以前の方法と同じ効果を達成するだろう。

【0053】図1において空間光変調器52および偏光

ビームスプリッタ要素50に続くのは、プリントレンズアセンブリ132である。プリントレンズアセンブリ132は、空間光変調器52の画像の正しいデマグニフィケーションを、感光性媒体160が位置される画像平面150に与える。プリントレンズアセンブリ132は、(微小縮刷に必要とされるような)縮小のために、または(診断イメージングに必要とされるような)拡大のために構成されうること注目すべきである。プリントレンズアセンブリ132構成要素の構成は、プリンタ100がどのように使用されるのかに依存する。この配置によって、同じ照明光学系11および空間光変調器52構成要素が、さまざまな種類のプリンタ100で使用できる。

【0054】図1に開示されている配置を使用して設計された光学システムは、コンパクトで、費用が低く、効率的であることが示された。COM品質の低減のために最適化された反射性LCD空間光変調器52およびプリントレンズアセンブリ132光学系と共に、高輝度光源29と付属の照明光学系11とを使用する、図1に示されている組み合わせは、微小縮刷環境の解像度およびコントラストの必要条件に適した高い水準の露光エネルギーを提供する。さらに、画像形成アセンブリ10は、高い露光エネルギーを提供することができるため、画像形成アセンブリ10は、プリンタ100が、十分なパワーおよび波長特性を有する光源が提供されるときにドライプロセス媒体を使用し、従って、性能および環境上の利点を提供することを可能にする。

【0055】(グレースケール出力の達成)プリンタ100は、グレースケール性能を保持しながら、十分な均一性を保持することができる。空間光変調器52は、それだけで、8ビットのビット深さまで受け取ることができる。しかし、変調器にとつての8ビットは、媒体での8ビットにはならないことがある。さらに、LCD変調器は、素子のエッジで、ある程度のロールオフまたはコントラストの損失を示すことが知られている。十分なグレースケール範囲を印刷し、追加のビット深さを提供するために、本発明は、投射ディスプレイ用に設計された空間光変調器52が、通常、印刷に必要とされる速度よりも速い速度でデータをリフレッシュするという事実を利用することができる。その結果、一連の画像の重ね合わせとして感光性媒体160で単一画像を作成することができる。最終的な画像を含む個々の画像は、情報コンテンツと照明の両方において変化しうる。

【0056】空間光変調器52で同じ画像データを維持すること、および、光源29からの照明レベルを変えることによって、追加のビット深さを導入することが可能である。照明レベル(および/または期間)を変えることによって、および空間光変調器52を制御するデータコンテンツを変えることによって、プリンタ100は、一連の予備画像の中から1つの複合画像を構築すること

10

20

30

40

50

ができる。変化に富んだ情報コンテンツおよび変化に富んだ照明レベルの画像の重ね合わせが、その複合画像に追加のビット深さを生じさせる。

【0057】（不均一性補償）本発明を用いると、プリンタ 100 は、画像形成アセンブリ 10 を制御して、空間光変調器 52 のエッジにおけるロールオフ等のいくらかの不均一性を修正することができる。これを達成する 1 つの方法は、空間光変調器 52 に対して追加の画像データを導入し、空間光変調器 52 の外部エッジの個々の変調器サイト 53 のみを稼働させることである。これらの追加される画像は、その後、露光され、他の画像上に重ね合わされ、従って、追加の深さをエッジ領域に与えることができる。例の方法は、LCD 空間光変調器 52 で撮影される一連の画像を走査し、データマップを作成し、すべての入力データを、LCD 空間光変調器 52 の初期マップと畳み込み、画像を補正することである。類似の技法が使用され、動作の前に、既知である変調器の不均一性を調整することができる。

【0058】（画像形成アセンブリ 10 構成要素の別の実施の形態）プリンタ 100 の設計は、本発明の範囲内で多くの別の実施の形態を可能にする。図 10 および図 11 を参照すると、画像形成アセンブリ 10 の構成要素の可能な別の装置が示される。構成要素に対する著しい変化は、以下を含む。

(1) 小型レンズのアレイアセンブリ 40 に代わる積分バー 222 等の別の均一化構成要素の使用。小型レンズアレイが、一般的に、よりよい均一性を提供することができる一方、積分バー 222 は、特に、レーザー等のコヒーレントな光源を使用するとき、単色印刷用途用の適当な代替でありうる。積分バーは、コヒーレンス効果を最小限にすることを助けることができる。

(2) 偏光ビームスプリッターに代わる代替の使用。ペリクル 220 は、単色印刷用の十分なビームスプリットの能力を提供し、偏光ビームスプリッター要素 50 について、コスト削減効果を提供することができる。ペリクル 220 は、前に開示されたように、単色用途に適している（しかし、多色システムを備えた人工画像を引き起こすこともできる）。特に、ペリクル 220 は、光を消したり光の方向を向けなおしたりせず、ビームスプリットキューブの効率をもつ。加えて、いくつかのペリクル 220 は、狭い波長域に渡って、干渉効果を示すことができる。例えば、もし、光学システムが、630 nm や 460 nm 等の競合する狭い波長域を有するなら、異なる波長領域での干渉効果は、変調器において著しく不均一な照明を引き起こすだろう。さらに、ペリクル 220 は、高レベルの光パワーを使用する用途に合わせて設計されていないため、光度が主要な懸念ではないシステムにおいて、より有効である。ペリクルは、それ自体、偏光に敏感な素子ではないため、プレ偏光子が必要とされることが注目されるべきである。もし、本発明の画像形

成アセンブリ 10 において使用されるなら、第 1 の偏光子は入射非偏光の 50 % を排除し、その後、ペリクルが残りの光のもう 50 % を排除する。このため、空間光変調器 52 は、潜在的な照明の 25 % だけを受け取る。上述されるように、画像形成アセンブリ 10 では、光度要求が厳しくなく、任意の与えられた露光に対して照明が単色であり、ペリクル 220 の代替策としての使用を可能とすることに注目することは有益である。

(3) 別のビームステアリング構成要素の使用。偏光ビームスプリッター素子 50 またはペリクル 220 の使用以外のビームステアリングの適当な代替は、単純な反射鏡またはプリズムを含む。

(4) 空間光変調器 52 の透過性 LCD 構成要素の使用。いくつかの COM 用途にとって、透過性 LCD 空間光変調器を使用して利用できる十分な解像度とコントラストがありうる。図 11 に示されるように、空間光変調器 52 の透過性変調器の使用は、光学経路における回転を除去し、設計を簡素化することができる。

【0059】LCD 素子のデジタルアドレス指定能力、及び照明の変動レベルにおける柔軟性のために、上述の印刷解決策は、COM プリンタにおいて使用する十分なビット深さと合理的なタイミングを提供する。本発明のプリンタの使用は、経済的で、有用な LCD 技術を利用し、生産性の高い、低価格、高解像度の印刷を生成する。

【0060】反射性液晶技術の使用は、解像度が非常に高い二次元印刷を可能にする。さらに、ディザリング、特に、副開口部付きディザリングは、さらに解像度を高め、かつ変調器サイトの欠陥による人工画像を回避する手段を提供する。

【0061】（光源 29 の好ましい実施の形態）照明光学系 11 の光源 29 は、感光性媒体 160 の感度に最もふさわしい波長で単色光を提供しなければならない。本発明において、光源 29 は、選択可能であり、プリンタ 100 が多くの異なる種類の感光性媒体 160 のうち任意のものを使用することを可能にする。好ましい実施の形態において、光源 29 は、放出される波長によって分類された 1 以上の LED を備える。図 12 を参照すると、例えば、赤波長 LED 14、緑波長 LED 16、及び青波長 LED 18 のような円形開口部 20 内の LED の配列が示される。この配列に関して、LED は、平等に露光を提供するように分割される。望まれる色の LED は、特定の感光性媒体 160 に要求される波長に基づいて、制御論理プロセッサ 210 の制御下でエネルギーが与えられる。この照明方法を用いると、プリンタ 100 は、自動的に、1 またはもう 1 つの種類の感光性媒体 160 を使用し、その種類の感光性媒体 160 によって必要とされる、要求される露光特性を提供するように適合できる。例えば、赤色光による露光を対象とした感光性媒体 160 について、制御論理プロセッサ 210

は、赤波長 LED 14 を有効にする。

【0062】図 13 を参照すると、フレーム 19 にコリメートレンズ 32 と共に取り付けられた赤色 LED 14、緑色 LED 16、及び青色 LED 18 の断面図を示す。個々のコリメートレンズ 32 は、随意的だが、LED 14、LED 16、及び LED 18 の封止や位置決めを助けるために有効である。

【0063】図 14 を参照すると、LED 14、LED 16 および LED 18 を使用するもう 1 つの別の実施の形態が示される。回転可能な LED ホイール 26 は、露光エネルギーを提供する制御論理プロセッサ 210 によって回転して位置決めされる、分類された LED 14、LED 16、及び LED 18 を備える。図 14 の配列は、複数の LED 14、LED 16、及び LED 18 の密接な分類から集中した光エネルギーを得ることが好ましい場合に最も適している可能性がある。しかし、これが追加のモータまたは手動操作を必要とするため、図 14 の配列を使用して提示される不利な点は、回転可能な LED ホイール 26 の回転に関する。好ましい実施の形態は、図 12 に示されているように、制御論理プロセッサ 210 によって電子的に切り替えられるような選択的なエネルギー供給のために配列された、分離された LED 14、LED 16、及び LED 18 を使用する。図 12 の配列は、移動部品を必要とせず、図 14 に示される配列の費用より低い費用で実現できる。

【0064】LED 14、LED 16、及び LED 18 は、プリンタ 100 において使用される各々の種類の感光性媒体 160 の露光感度特性に基づいて特定される。任意の適当な色の、所望の波長を放出する LED の使用を含む、多くの別の配列が可能である。例えば、赤色 LED の種々の分類は、波長応答という点でわずかに異なる種々の種類の感光性媒体 160 に使用できるだろう。1 つの LED は、任意の 1 つの種類の感光性媒体 160 に使用できる。しかし、複数の LED の使用は、画像形成アセンブリ 10 によって方向付けられる出力強度を追加する。

【0065】(別の光源オプション) 同じプリンタ 100 による複数の種類の感光性媒体 160 の使用を可能にする光源 29 の多くのより望ましくない代替がある。図 15 の例を参照すると、ハロゲンランプ 218 は、回転可能なフィルタホイール 224 に含まれる選択可能なフィルタ要素 233 a、233 b、または 233 c を透過して単色光ビーム 228 を提供する広帯域光ビーム 226 を提供するために使用される。選択可能なフィルタ要素 233 a、233 b、または 233 c は、たとえば、赤色、緑色、及び青色のフィルタであってよい。もう 1 つの例として、選択可能なフィルタ要素 233 a、233 b、または 233 c は、それぞれ赤のフィルタであり、各々のフィルタが赤の可視領域で異なる波長を透過するために最適化される。いずれにせよ、単色光ビーム

228 は、光源 29 から出力され、露光エネルギーを提供するために画像形成アセンブリ 10 によって方向付けられる。

【0066】3 つのフィルタ 233 a、233 b、または 233 c が、図 15 に示されている。しかし、さらに少ない、またはさらに多いフィルタ 233 a、233 b、または 233 c が、回転可能なホイール 224 に配置されてもよい。回転可能なホイール 224 の使用は、一度に 1 つのフィルタ 233 a、233 b、または 233 c が、制御論理プロセッサ 210 によって制御されるとき、モニタ 214 によって光学系経路中に配置されることを可能にする。制御論理プロセッサ 210 は、例えば、ある感光性媒体 160 の種類に対して、どのフィルタ 233 a、233 b、または 233 c を使用するかについての指示を提供するプログラミング論理を含んでもよい。

【0067】光学系経路中に適切なフィルタ 233 a、233 b、または 233 c を切り替える別の手段が、採用されてもよい。例えば、フィルタ 233 a、233 b、または 233 c は、オペレータによって光学系経路中に手動で配置されてもよい。

【0068】しかし、回転可能なフィルタホイール 224 等の移動部品を排除する上で効果があることが理解できる。別の配列は、複数のランプ 218、または複数のレーザを、代替光源 29 として採用することができる。しかし、このような配列は、プリンタ 100 の設計に費用、サイズ、及び複雑さを追加する。

【0069】特定の波長の光を提供することに加えて、本発明は、また、同じプリンタ 100 内における異なる種類の光源の使用を可能にする。これは、プリンタ 100 が、例えば、ある種類の媒体用の光源 29 として赤の LED 14 を使用し、かつ別の種類の媒体用の光源 29 として青のフィルタ 33 (図 11) を具備するハロゲンランプを使用することを可能にする。種々の光源 29 は、プリンタ 100 内に装填される媒体の種類に基づき、必要に応じて、モジュール式で光学系経路内の場所に移動、または切り替えられることが可能である。

【0070】プリンタ 100 が、本明細書に開示される装置、及び方法を使用して適切な光源 29 に切り替えることにより、異なる種類の感光性媒体 160 への単色イメージングに適用されることが理解できる。光源 29 の選択が、オペレータの入力または動作によってなされる多くの方法があることが理解できる。

【0071】(媒体の種類および応答の自動センシング) オプションとして、装填されている感光性媒体 160 の種類を検知し、かつ検知された媒体 160 の種類に基づき、適切な光源 29 を自動的に選択するために、自動化された機構が採用されてもよい。図 1 を参照し直すと、制御論理プロセッサ 210 に接続されるセンサ 234 が、フィルム供給部 202 に結合されている符号化部

236を検知するために置かれている。例えば、センサ
234及び符号化部236に対して、以下を含む多くの*

符号化部236が以下の形式を有する場合	センサ236は以下になる
バーコード、またはその他の光学符号化	内蔵型、または携帯式のスキャナのような、バーコード読み取り装置、またはその他の光学読み取り装置
テキサスインスツルメンツ社から入手できる、RFトランスポンダ「SAMP T」(選択アドレス指定可能マルチペー ジトランスポンダ)、部品番号「RI-TRP-IR2B」等の、媒体の特定データを含むメモリを備えたトランスポンダ	米国テキサス州、ダラスに位置するテキサスインスツルメンツ社から入手できる、例えば、「S2000型 (Model S2000)」™ トランシーバなどのRFトランシーバのようなトランシーバ
磁気的に符号化されたストリップ	磁気ストリップ読み取り装置
テキサス州ダラスのダラスセミコンダクター社によって製造されるIボタン等のメモリデバイス	Iボタン読み取り装置
埋め込み型トレースパターン等のトレースパターン	トレースパターン読み取り装置

【0072】符号化部236は、感光性媒体160のパッケージに印刷または取り付けられるか、ネットワーク
接続から提供されるか、またはオペレータによって手動
で入力される。好ましい実施の形態にこのオプション
を使用する場合、媒体160の種類を符号化部236から
検知すると、制御論理プロセッサ210は、媒体160
の種類に適切なLEDにエネルギーを与えることによ
って応答する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による印刷装置を示す図式的な図。

【図2】 本発明による印刷装置の画像形成アセンブリ
構成要素を示す図式的な図。

【図3】 多重サイト空間光変調器の前面を図示する平
面図。

【図4】 動作コントローラ、液晶空間光変調器、カバ
ーガラス、及び偏光補償構成要素を備えた反射性変調器
の断面図。

【図5】 4つの異なる画像位置を用いて、開口部が備
えられていない空間光変調器をディザリングする結果を
示す図。

【図6】 半開口部付きの空間光変調器の前面を図示す
る平面図。

【図7】 反射性空間光変調器の断面図。

【図8】 4つの異なる画像位置を用いて、開口部が備
えられた空間光変調器をディザリングする結果を示す
図。

【図9】 ディザマスクの含有のために中間画像平面を

含む、本発明による印刷装置の画像形成アセンブリ構成
要素を示す図式的な図。

【図10】 画像形成アセンブリ構成要素の別の配列を
使用した、本発明による印刷装置の画像形成アセンブリ
構成要素を示す図式的な図。

【図11】 透過性LCDを使用する別の配列を示す、
本発明による印刷装置の画像形成アセンブリ構成要素を
示す図式的な図。

【図12】 光源の一部として使用されるLEDの二次
元配列を示す平面図。

【図13】 LEDを保持するアパーチャ、及びLED
のコーリメータレンズの断面図。

【図14】 光源の一部として使用されるLEDの回転
可能な輪の平面図。

【図15】 光源の別の実施の形態を示す図式的な図。

【符号の説明】

10 画像形成アセンブリ

100 プリンタ

160 感光性媒体

202 フィルム供給部

204 露光セクション

206 フィルムプロセッサ

208 フィルム記憶ユニット

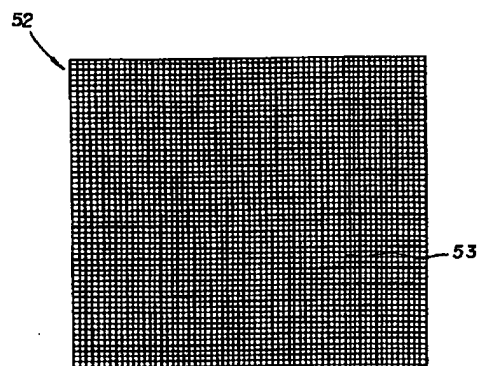
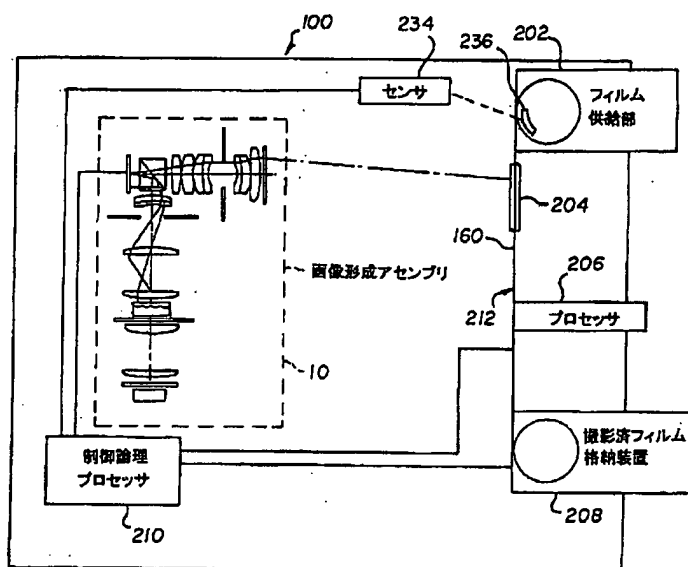
210 制御論理プロセッサ

212 媒体処理サブシステム

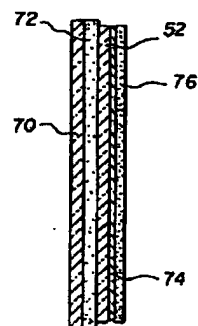
234 センサ

236 符号化部

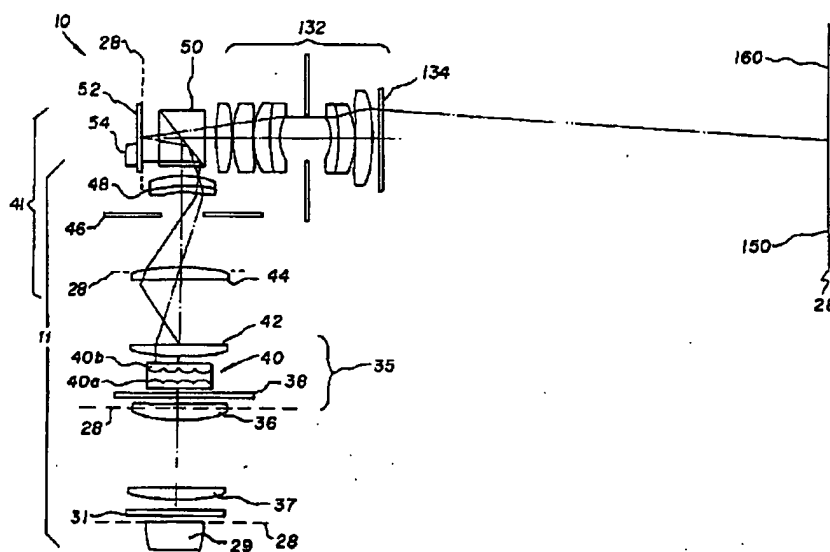
【图 3】



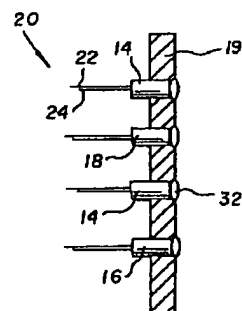
【图 4】



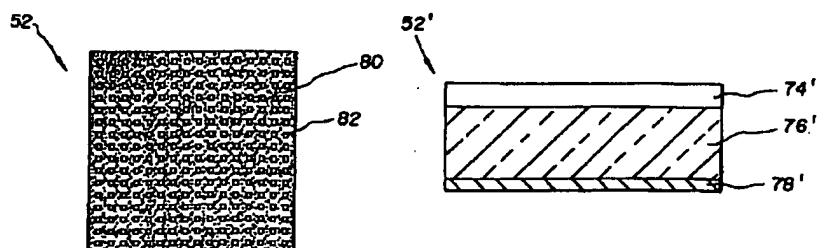
【图 2】



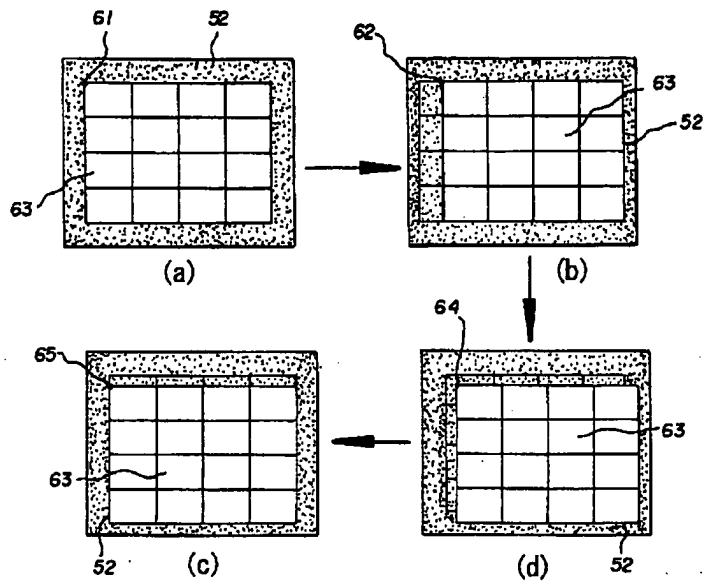
【图 13】



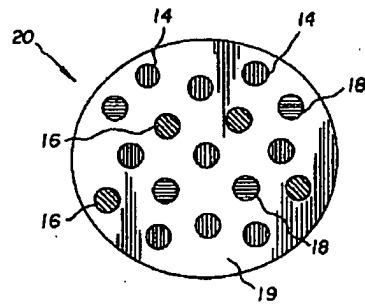
【图7】



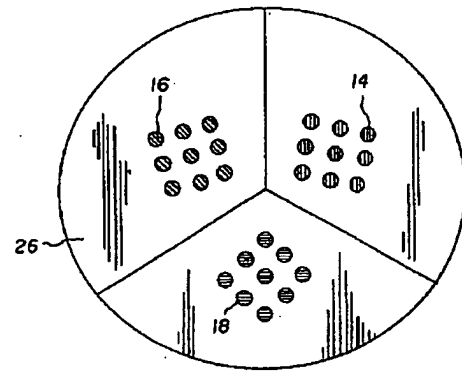
【図5】



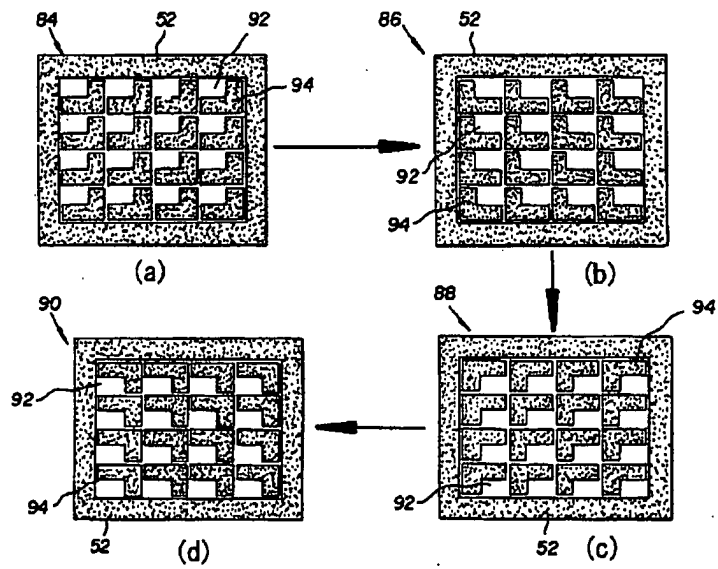
【図12】



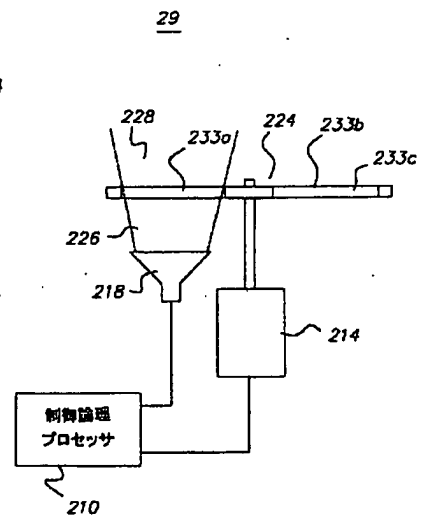
【図14】



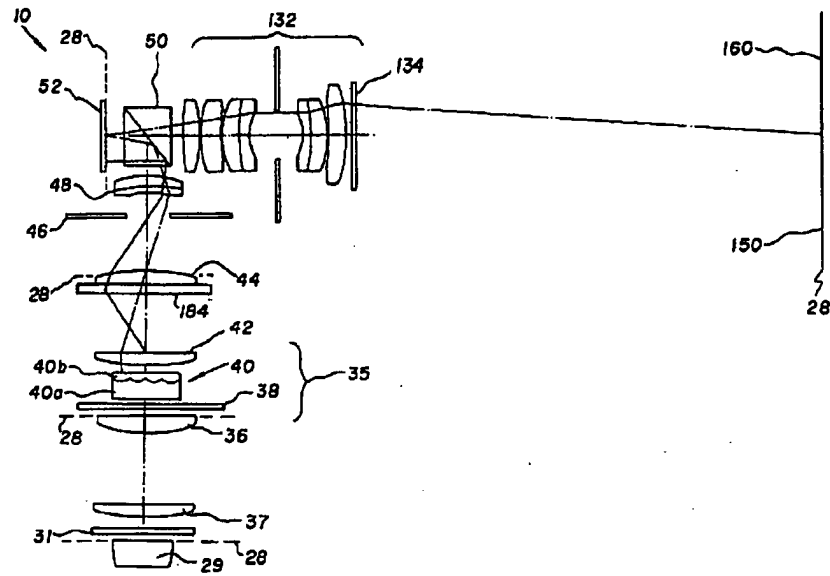
【図8】



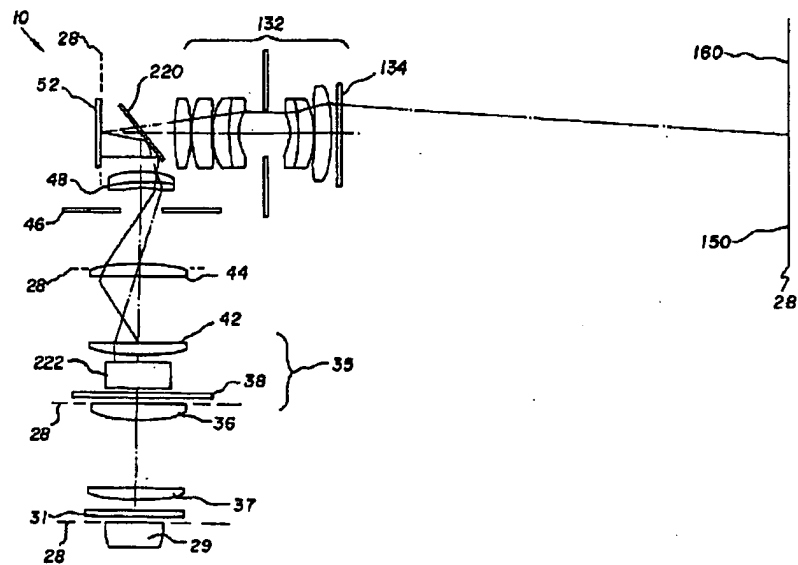
【図15】



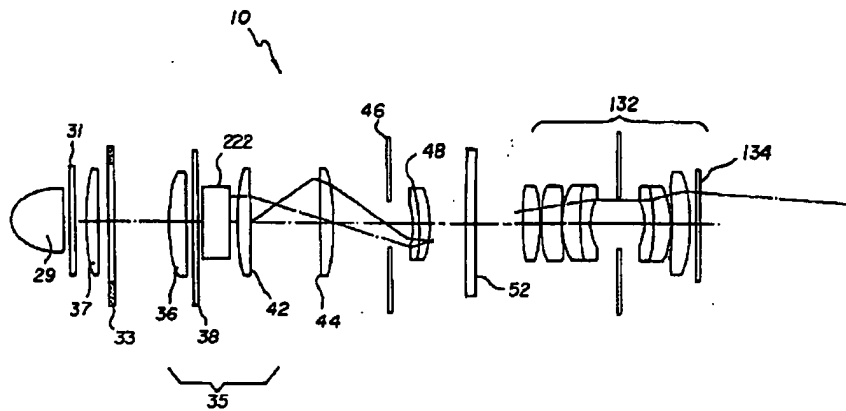
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

G 0 3 B 27/32
27/72

識別記号

F I

G 0 3 B 27/72
B 4 1 J 3/21

テームコード (参考)

A 2 H 1 1 0
V

(72)発明者 ダン・エス・タルボット
アメリカ合衆国14692ニューヨーク州ロチ
ェスター、ポスト・オフィス・ボックス
92988

F ターム(参考) 2C162 AE04 AE23 AE25 AE28 AE47
AE52 FA04 FA05 FA09 FA10
FA15 FA34 FA35 FA44 FA49
FA50 FA70
2H052 BA02 BA03 BA09 BA14
2H088 EA39 HA20 HA21 HA28 JA05
JA10 MA20
2H091 FA10X FA26X FA41X HA06
HA07 LA11 LA30 MA06
2H106 AA41 AA71 AB01
2H110 AB00 AB09 CD12 CD14 CD17

【外国語明細書】

- 1 -

**A METHOD AND APPARATUS FOR PRINTING MONOCHROMATIC
IMAGES USING A SPATIAL LIGHT MODULATOR HAVING A
SELECTABLE LIGHT SOURCE**

FIELD OF THE INVENTION

5 This invention relates generally to a method and apparatus for printing monochromatic imaging onto photosensitive media by spatially and temporally modulating a light beam, and more particularly to a film recording apparatus that allows selection of a light source of a preferred wavelength from among a set of available light sources having different wavelengths.

BACKGROUND OF THE INVENTION

10 Conventional printers generally adapted to record images provided from digital data onto photosensitive media apply light exposure energy that may originate from a number of different sources and may be modulated in a number of different ways. In photoprocessing apparatus, for example, light exposure
15 energy can be applied from a CRT-based printer. In a CRT-based printer, the digital data is used to modulate a Cathode Ray Tube (CRT) which provides exposure energy by scanning an electron beam of variable intensity along its phosphorescent screen. Alternately, light exposure energy can be applied from a
20 laser-based printer, as is disclosed in U.S. Patent No. 4,728,965 (Kessler, et al.) In a laser-based printer, the digital data is used to modulate the duration of laser on-time or intensity as the beam is scanned by a rotating polygon onto the imaging plane.

 CRT- and laser-based printers perform satisfactorily for photoprocessing applications, that is, for printing of photographs for consumer
25 and commercial markets. However, in an effort to reduce cost and complexity, alternative technologies have been considered for use in photoprocessing printers. Among suitable candidate technologies under development are two-dimensional spatial light modulators.

 Two-dimensional spatial light modulators, such as those using a
30 digital micromirror device (DMD) from Texas Instruments, Dallas, Texas, or using a liquid crystal device (LCD) can be used to modulate an incoming optical beam for imaging. A spatial light modulator can be considered essentially as a

- 2 -

two-dimensional array of light-valve elements, each element corresponding to an image pixel. Each array element is separately addressable and digitally controlled to modulate incident light from a light source by modulating the polarization state of the light. Polarization considerations are, therefore, important in the overall design of support optics for a spatial light modulator.

There are two basic types of spatial light modulators in current use. The first type developed was the transmissive spatial light modulator, which, as its name implies, operates by modulating an optical beam that is transmitted through individual array elements. The second type, a later development, is a reflective spatial light modulator. As its name implies, the reflective spatial light modulator operates by modulating a reflected optical beam through individual array elements. A suitable example of an LCD reflective spatial light modulator relevant to this application utilizes an integrated CMOS backplane, allowing a small footprint and improved uniformity characteristics.

Conventionally, LCD spatial light modulators have been developed and employed for digital projection systems for image display, such as is disclosed in U.S. Patent No. 5,325,137 (Konno et al.) and in miniaturized image display apparatus suitable for mounting within a helmet or supported by eyeglasses, as is disclosed in U.S. Patent No. 5,808,800 (Handschy et al.) LCD projector and display designs in use typically employ one or more spatial light modulators, such as using one for each of the primary colors, as is disclosed in U.S. Patent No. 5,743,610 (Yajima et al.).

It is instructive to note that imaging requirements for projector and display use (as is typified in U.S. Patents Nos. 5,325,137; 5,808,800; and 5,743,610) differ significantly from imaging requirements for printing. Projectors are optimized to provide maximum luminous flux to a screen, with secondary emphasis placed on characteristics important in printing, such as contrast and resolution. Optical systems for projector and display applications are designed for the response of the human eye, which, when viewing a display, is relatively insensitive to image artifacts and aberrations and to image non-uniformity, since the displayed image is continually refreshed and is viewed from a distance. However, when viewing printed output from a high-resolution printing system, the

- 3 -

human eye is not nearly as "forgiving" to artifacts and aberrations and to non-uniformity, since irregularities in optical response are more readily visible and objectionable on printed output. For this reason, there can be considerable complexity in optical systems for providing a uniform exposure energy for printing. Even more significant are differences in resolution requirements. Adapted for the human eye, projection and display systems are optimized for viewing at typical resolutions such as 72 dpi or less, for example. Photographic printing apparatus, on the other hand, must achieve much higher resolution, particularly apparatus designed for micrographics applications, which can be expected to provide 8,000 dpi for some systems. Thus, while LCD spatial light modulators can be used in a range of imaging applications from projection and display to high-resolution printing, the requirements on supporting optics can vary significantly.

Largely because spatial light modulators can offer significant advantages in cost and size, these devices have been proposed for different printing systems, from line printing systems such as the printer depicted in U.S. Patent No. 5,521,748 (Sarraf), to area printing systems such as the system described in U.S. Patent No. 5,652,661 (Gallipeau et al.) One approach, using a Texas Instruments DMD as shown in U.S. Patent No. 5,461,411 offers advantages common to spatial light modulator printing such as longer exposure times using light emitting diodes as a source as shown in U.S. Patent No. 5,504,514. However, DMD technology is very specific and not widely available. As a result, DMDs may be expensive and not easily scaleable to higher resolution requirements. The currently available resolution using DMDs is not sufficient for all printing needs. Furthermore, there is no clear technology path to increased resolution with DMDs.

A preferred approach for photoprocessing printers uses an LCD-based spatial light modulator. Liquid crystal modulators can be a low cost solution for applications requiring spatial light modulators. Photographic printers using commonly available LCD technology are disclosed in U.S. Patent Nos. 5,652,661; 5,701,185 (Reiss et al.); and 5,745,156 (Federico et al.) Although the present application primarily addresses use of LCD spatial light modulators,

- 4 -

references to LCD in the subsequent description can be generalized, for the most part, to other types of spatial light modulators, such as the DMD noted above.

Primarily because of their early development for and association with screen projection of digital images, spatial light modulators have largely been adapted for continuous tone (contone) color imaging applications. Unlike other digital printing devices, such as the CRT and laser-based devices mentioned above that scan a beam in a two-dimensional pattern, spatial light modulators image one complete frame at a time. Using an LCD, the total exposure duration and overall exposure energy supplied for a frame can be varied as necessary in order to achieve the desired image density and to control media reciprocity characteristics. Advantageously, for photoprocessing applications, the capability for timing and intensity control of each individual pixel allows an LCD printer to provide grayscale imaging.

Most printer designs using LCD technology employ the LCD as a transmissive spatial light modulator, such as is disclosed in U.S. Patent Nos. 5,652,661 and 5,701,185. However, the improved size and performance characteristics of reflective LCD arrays have made this technology a desirable alternative for conventional color photographic printing, as is disclosed in commonly assigned, copending U.S. Patent Application Serial No. 09/197,328, filed November 19, 1998, entitled "Reflective Liquid Crystal Modulator Based Printing System" by Ramanujan et al. As is described in the Ramanujan application, color photographic printing requires multiple color light sources applied in sequential fashion. The supporting illumination optics are required to handle broadband light sources, including use of a broadband beamsplitter cube. The optics system for such a printer must provide telecentric illumination for color printing applications. In summary, in the evolution of photoprocessing systems for film printing, as outlined above, it can be seen that the contone imaging requirements for color imaging are suitably met by employing LCD spatial light modulators as a solution.

Printing systems for micrographics or Computer-Output-Microfilm (COM) imaging, diagnostic imaging, and other specialized monochrome imaging applications present a number of unique challenges for optical systems. In the

- 5 -

COM environment, images are archived for long-term storage and retrievability. Unlike conventional color photographic images, microfilm archives, for example, are intended to last for hundreds years in some environments. This archival requirement has, in turn, driven a number of related requirements for image quality. For image reproduction quality, for example, one of the key expectations for micrographics applications is that all images stored on archival media will be written as high-contrast black and white images. Color film is not used as a medium for COM applications since it degrades much too quickly for archive purposes and is not capable of providing the needed resolution. Grayscale representation, meanwhile, has not been available for conventional micrographics printers. Certainly, bitonal representation is appropriate for storage of alphanumeric characters and for standard types of line drawings such as those used in engineering and utilities environments, for example. In order to record bitonal images onto photosensitive media, exposure energy applied by the printer is either on or off, to create high-contrast images without intermediate levels or grayscale representation.

In addition to the requirement for superb contrast is the requirement for high resolution of COM output. COM images, for example, are routinely printed onto media at reductions of 40X or more. Overall, micrographics media is designed to provide much higher resolution than conventional dye-based media provides for color photographic imaging. To provide high resolution, micrographics media employs a much smaller AgX grain size in its photosensitive emulsion. Optics components for COM systems are correspondingly designed to maximize resolution, more so than with optical components designed for conventional color photoprocessing apparatus.

Conventional COM printers have utilized both CRT-and laser-based imaging optics with some success. However, there is room for improvement. For example, CRT-based printers for COM use, such as disclosed in U.S. Patent No. 4,624,558 (Johnson) are relatively costly and can be bulky. Laser-based printers, such as disclosed in U.S. Patent No. 4,777,514 (Theer et al.) present size and cost constraints and can be mechanically more complex, since the laser imaging system with its spinning polygon and beam-shaping optics must be

- 6 -

designed specifically for the printer application. In addition, laser printers exhibit high-intensity reciprocity failure when used with conventional photosensitive media, thus necessitating the design of special media for COM use.

More recent technologies employed for COM imaging include use
5 of linear arrays such as linear light-emitting diode (LED) arrays, for example, as are used in the Model 4800 Document Archive Writer, manufactured by Eastman Kodak Company, Rochester, New York. Another alternative is use of a linear light-valve array, such as is disclosed in U.S. Patent No. 5,030,970 (Rau et al.)
10 However, with exposure printheads using linear arrays, COM writers continue to be relatively expensive, largely due to the cost of support components and to the complexity of drive electronics. There is a long-felt need to lower cost and reduce size and complexity for COM devices, without sacrificing performance or robustness.

A well-known shortcoming of conventional COM printers relates
15 to the interdependence between COM printer design and the exposure sensitivity characteristics of a specific photosensitive media type. Currently, a particular type of COM printer is designed to write only on a single type of COM media. Conversely, a single type of COM media can only be used in a particular type of COM printer. The exposure optics of a particular type of COM printer are
20 designed to apply specific levels of exposure energy over a specific range of wavelengths to the COM media. Because of this constraint, a customer who purchases a COM printer of specific manufacture and model type can use that COM printer only with COM media that has been developed specifically for that printer, or with a very limited number of other types of media having similar
25 characteristics. This is true even though the same media handling subsystem used in the COM printer could be capable of routing different types of photosensitive media from a film supply, through an exposure section, and to a film processing or film storage unit for exposed media.

Exposure wavelength is one important characteristic that constrains
30 COM printer use to a specific media. Existing COM printers use monochromatic light as the source of exposure energy. Different COM media are designed for optimum performance with monochromatic exposure light at different

wavelengths. For example, the KODAK Archive Storage Media 3459 is optimized for exposure wavelengths near 685 nm. KODAK IMAGELINK DL Microfilm, on the other hand, is designed for optimal sensitivity when exposed at 633 nm.

5 This interdependence of COM printer and COM media characteristics is disadvantageous from a number of perspectives. Development of an improved COM printer can be constrained by the requirement that exposure optics provide only a specific output wavelength. Development and marketing of an improved COM film can be constrained either by the requirement that the
10 COM film be used at exposure wavelengths available with existing COM printers or by the requirement that a new COM printer be developed, in order to provide exposure energy at the proper wavelength. These constraints add cost to the production of both COM media and COM printing apparatus and limit the flexibility of COM customers to use a preferred printer or media type for a given
15 situation.

 Conventional COM printing apparatus can be adjusted somewhat for slight media sensitivity variation, but such routine adjustments are made only in order to adapt to anticipated batch-to-batch media variability over a narrow range. For this purpose, Calibration Look-Up Tables (LUTs) are used with some
20 systems to adjust exposure characteristics (exposure time and intensity) to compensate for slight drift (such as might be due to media aging) or batch sensitivity differences. However, this type of solution would not be suitable for handling different media types having different wavelength sensitivity. Even though intensity and timing of exposure energy can be adjusted, these exposure
25 factors cannot adequately compensate for media wavelength sensitivity differences over more than a narrow range without having an objectionable impact on image quality.

 Conventional exposure optics systems are limited to the use of a single type of exposure light source. Depending on the type of light source used,
30 it can be possible to provide exposure light at different wavelengths. For example, where the exposure light source is a halogen bulb, it would be possible to provide interchangeable filters arranged to allow selection from among multiple

- 8 -

exposure wavelengths, depending on the choice of filter. However, such a solution would require manual insertion of a filter element or, if automated, moving parts for positioning a filter in the light path. It could also be possible to provide multiple lasers, for example, and allow an operator-initiated or automated
5 selection of a specific laser in the exposure optics path for a particular COM media. However, such a solution requires expensive components and would not allow compact packaging without introducing a significant amount of mechanical complexity. Any practical solution for providing a selectable exposure
10 wavelength must meet the goals of low-cost, compact packaging, and mechanical simplicity that would not be provided by conventional COM light sources. Furthermore, where possible, automated mechanisms would be preferred over manual methods for adapting a COM printer to a specific COM media.

Thus, it can be seen that there is a need for an improved COM printing apparatus that is inexpensive, compact, and robust, that allows the use of
15 alternate types of COM media where the COM media have different exposure characteristics and that allows automated sensing and response to the type of COM media loaded.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to provide a printing
20 apparatus using a spatial light modulator for imaging onto photosensitive media, wherein the printing apparatus is capable of using any one of a number of possible monochromatic light sources.

According to one aspect of the present invention an apparatus prints monochrome images from digital image data onto a selected photosensitive
25 medium that is selected from a plurality of photosensitive media compatible with the monochrome printing apparatus. A light source, which is selectable, selects from a plurality of light source elements a monochromatic light source that is suited to the selected photosensitive medium. A uniformizer uniformizes the light that is emitted from the monochromatic light source. A polarizer for filtering the
30 uniformized light provides a polarized beam having a predetermined polarization state. A spatial light modulator has a plurality of individual elements capable of altering the polarization state of the polarized beam to provide an exposure beam

for printing, the state of the elements controlled according to the digital image data. A first lens assembly directs the polarized beam to the spatial light modulator and a second lens assembly directs the exposure beam onto the selected photosensitive medium.

5 According to one embodiment of the present invention, any one of a set of monochromatic light source elements can be selectively energized as the light source for exposing the photosensitive media. The monochromatic exposure light is passed through a uniformizer or integrator to provide a source of spatially uniform, monochromatic light for the printing apparatus. The monochromatic
10 light is then polarized and passed through a beamsplitter, which directs a polarized beam onto a spatial light modulator. Individual array elements of the spatial light modulator, controlled according to digital image data, are turned on or off in order to modulate the polarization rotation of the incident light. Modulation for each pixel can be effected by controlling the level of the light from the light source, by
15 control of the drive voltage to each individual pixel in the spatial light modulator, or by controlling the duration of on-time for each individual array element. The resulting light is then directed through a lens assembly to expose the photosensitive medium.

 According to a preferred embodiment of the present invention, the
20 plurality of monochromatic light sources is made available by the use of an array of LEDs, wherein different groupings of LEDs within the array can be selectively energized to provide optical exposure energy at different wavelengths.

 An advantage of the present invention is that it allows a single monochrome printing apparatus to be able to use a range of media types, where
25 the media types differ in sensitivity to exposure wavelength. This allows an existing printing apparatus to take advantage of new media types as well as improvements in media performance. Conversely, this allows a new printing apparatus to be designed to use both newly introduced and existing media types.

 A further advantage of the present invention is that it allows the
30 development of lower cost photosensitive media by allowing variability over the range of exposure wavelengths used for imaging.

A further advantage of the present invention is that it can provide wavelength selectivity without introducing any moving part and without appreciably increasing the cost, size, or mechanical complexity of the printer.

A further advantage of the present invention is that it provides a
5 mechanism for automatically selecting an appropriate light source, based on detecting the type of media loaded in the printing apparatus, thus eliminating operator interaction and possible operator error.

These and other objects, features, and advantages of the present invention will become apparent to those skilled in the art upon a reading of the
10 following detailed description when taken in conjunction with the drawings wherein there are shown and described illustrative embodiments of the invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

While the specification concludes with claims particularly pointing out and distinctly claiming the subject matter of the present invention, it is
15 believed that the invention will be better understood from the following description when taken in conjunction with the accompanying drawings, wherein:

Figure 1 is a schematic view showing a printing apparatus according to the present invention;

Figure 2 is a schematic view showing Image forming assembly
20 components for a printing apparatus according to the present invention;

Figure 3 is a plan view that illustrates a front surface of a multiple site spatial light modulator;

Figure 4 shows a cross-section of a reflective modulator with motion controllers, a liquid crystal spatial light modulator, a cover glass, and a
25 polarization compensation component;

Figures 5a-5d illustrate the effect of dithering an un-apertured spatial light modulator using four distinct image positions;

Figure 6 is a plan view that illustrates a front surface of a sub-apertured spatial light modulator;

30 Figure 7 is a cross-sectional view of a reflective spatial light modulator;

Figures 8a-8d illustrate the effect of dithering an apertured spatial light modulator using four distinct image positions;

Figure 9 is a schematic view showing Image forming assembly components for a printing apparatus according to the present invention, including
5 an intermediate image plane for inclusion of a dither mask;

Figure 10 is a schematic view showing Image forming assembly components for a printing apparatus according to the present invention, using an alternative arrangement of Image forming assembly components;

Figure 11 is a schematic view showing Image forming assembly
10 components for a printing apparatus according to the present invention, showing an alternative arrangement utilizing a transmissive LCD;

Figure 12 is a plan view showing a two-dimensional arrangement of LEDs used as part of a light source;

Figure 13 is a cross-sectional view of an apparatus for holding
15 LEDs and collimating lenses for LEDs;

Figure 14 is a plan view of a rotatable wheel of LEDs used as part of a light source; and

Figure 15 is a schematic view showing an alternate embodiment of a light source.

20 DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present description is directed in particular to elements forming part of, or cooperating more directly with, apparatus in accordance with the invention. It is to be understood that elements not specifically shown or described may take various forms well known to those skilled in the art.

25 It must be noted that the following description focuses on monochromatic printers used in micrographic COM applications. However, the apparatus and method disclosed herein could be used with other types of monochromatic digital printing apparatus, such as diagnostic imaging devices, for example.

30 Referring now to the drawings, wherein like reference numerals represent identical or corresponding parts throughout the several views, Figure 1 illustrates an archival printer, such as a COM printer, referred to in general by

numeral 100. Printer 100 comprises an image forming assembly 10 and a media handling subsystem 212. Media handling subsystem 212 comprises a film supply 202, an exposure section 204, an optional film processor 206, and a film storage unit 208. A control logic processor 210 accepts and processes image data for printer 100 and controls the overall operation of image forming assembly 10 and media handling subsystem 212 components. The operation of printer 100 is straightforward, following the general pattern used for COM printers overall. To print, an undeveloped section of a photosensitive media 160 is advanced from film supply 202 into exposure section 204. Image forming assembly 10 cooperates with control logic processor 210 to print image data onto photosensitive media 160. The exposed section of photosensitive media 160 is then ready for processing in order to develop the image. In one embodiment, in which printer 100 uses dry-processed media, film processor 206 may be built into printer 100 itself, as is represented in Figure 1: The exposed section of photosensitive media 160 is advanced to film processor 206, where the latent exposed image is developed using a heat process. For printer 100 designed for aqueous (AgX) media, the image development function of film processor 206 is carried out by a separate developing apparatus (not shown), using conventional silver-halide film development chemicals and techniques. For printer 100 using aqueous media, film storage unit 208 is typically a cassette, designed to keep the exposed photosensitive media 160 protected from ambient light and to provide a means for transfer of photosensitive media 160 to the separate developing apparatus.

Referring to Figure 2, there is shown image forming assembly 10 which comprises illumination optics 11. Illumination optics 11 comprises a light source 29 which is selectable and can be implemented using a number of types of lamp or electro-optical components, as is described subsequently. If light source 29 comprises a halogen lamp, it is advisable to incorporate an infrared rejecting filter 31 following the lamp in the assembly, as shown in Figure 2. Light emitted from light source 29 is focused by a lens 37 and directed to an uniformizer 35.

Uniformizer 35 comprises two field lenses 36 and 42 and a lenslet array assembly 40, acting as an uniformizer for the light. Lenslet array assembly 40 includes two lenslet arrays 40a and 40b. Lenses 36 and 37 direct the

monochromatic light into the entrance aperture of lenslet array assembly 40.

Conjugate planes within image forming assembly 10 are indicated by dotted lines 28.

The light at the intermediate illumination plane is broken into a
5 number of portions equivalent to the number of elements in lenslet array 40a. The individual portions are then imaged and magnified by second lenslet array 40b and second field lens 42. Light passing through uniformizer 35 along with a following field lens 44 is passed through an optional aperture stop 46 and a relay lens 48. Relay lens 48 is positioned immediately before a polarization beamsplitter
10 element 50. It should also be noted that, although relay lens 48 and field lens 44 are shown as separate elements in Figure 2, a single compound lens 49 (not shown) providing uniform illumination could be employed instead of the two individual lens elements 48 and 44 as is depicted in Figure 2.

Because polarization beamsplitter element 50 may not provide
15 adequate extinction between s polarization state of light 142 (not shown) and p polarization state of light 144 (not shown), an optional linear polarizer 38 may be incorporated prior to polarization beamsplitter element 50. There are several places where a linear polarizer 38 can be placed; one such position is immediately preceding lenslet array assembly 40. Linear polarizer 38 is used to isolate the
20 polarization state parallel to the axis of polarization beamsplitter element 50. This serves to reinforce the polarization state determined by polarization beamsplitter element 50, decrease leakage light and thereby increase the resulting contrast ratio. Referring again to Figure 2, light of the s-polarization state 142 passing through polarization beamsplitter element 50 is directed to the plane of a reflective
25 spatial light modulator 52, which is a reflective LCD in the preferred embodiment. The p-polarization state 144 is passed through polarization beamsplitter element 50. Field lens 44, relay lens 48, and the polarization beamsplitter element 50 constitute the first lens assembly 41 for directing the polarized light to the spatial light modulator 52.

30 Referring to Figure 3, spatial light modulator 52 of this system is designed for a two dimensional reflective polarization-based spatial light modulator. Spatial light modulator 52 includes a plurality of modulator sites 53,

- 14 -

each of which can be individually modulated. Light passes through spatial light modulator 52, is reflected off the back reflective surface of spatial light modulator 52, and returns through spatial light modulator 52 to be directed through a second lens assembly 132, which is a print lens assembly, onto an image plane 150 (Figure 2). If a modulator site 53 is "on" or bright, during the round-trip through spatial light modulator 52, the polarization state of the light is rotated. In an ideal case the light is rotated 90 degrees when modulator site 53 is in an "on" state. However, this ideal degree of rotation is rarely easily achieved. If a given modulator site is "off" or dark, the light is not rotated. The light that is not rotated is not passed straight through polarization beamsplitter element 50 but is redirected away from the media plane by polarization beamsplitter element 50. It should be noted that light which is rotated by spatial light modulator 52 may become elliptically polarized. Upon passing through a linear polarizer, the light will regain linearity. However, light that is not passed through a linear polarizer will retain ellipticity.

As noted above, the most readily available choice of reflective polarization based modulators is the reflective liquid crystal modulator. Such modulators, originally developed for use in projection display, can have resolutions as high as 4000 x 2000 modulator sites. Currently, resolutions of 1200 x 1600 sites are available with footprints as small as a 0.9 inch diagonal. These high resolution reflective LCDs are often twisted nematic LCDs or homeotropically aligned reflective LCDs, although other types of reflective LCDs such as ferroelectric are often employed in projection display. Some of the key characteristics of these LCDs are high resolution, high contrast (>100:1), fast frame rate of 70 frames per second or higher, and high aperture ratios (> 90%). In addition, the incorporation of a CMOS backplane increases the uniformity across the array. The LCDs are also capable of producing an eight bit gray scale either through pulse width modulation or through analog operation. In either case data is introduced digitally to the printing system, as controlled by control logic processor 210 (Figure 1). These characteristics ensure that the reflective LCD is an excellent choice for use in a reflective printing system.

Spatial light modulator 52 can be designed in a number of different configurations. The most amenable to a low cost printing system is a single chip system. In a preferred embodiment, spatial light modulator 52 would be a single-chip device specifically designed for single color use, providing optimum frame
5 speed.

In accordance with this invention, the light source could have a number of selectable wavelengths. It is thus necessary to use the spatial light modulator 52 with light at a wavelength for which the modulator is not optimized. In such a case, there are methods for obtaining optimum performance. For
10 example, for a given liquid crystal composition, thickness, and applied voltage, the resulting polarization rotation on an incident beam may vary with wavelength so that the efficiency and contrast of the modulation can vary as a function of wavelength. In the bright, or "on" state, this difference in rotation can effect the efficiency of the system. In other words, the percentage of incident light that is
15 actually rotated and imaged on the media plane can vary. This difference in wavelength efficiency can be accounted for by adapting the illumination strength and exposure time, based on wavelength, in order to obtain the power density required by the media, using techniques well-known in the imaging art. The problem is particularly acute in the dark or "off state". In this state, the light is not
20 rotated and should not be directed through polarization beamsplitter element 50 and imaged. If the light is in fact, rotated, light will leak through the imaging system and decrease the contrast.

In an alternate embodiment, contrast can be adjusted for wavelength using polarization compensation or selection devices. Referring to
25 Figure 4, in which a cross-sectional view of spatial light modulator 52 is shown, a polarization compensator 76 may be introduced to the surface of spatial light modulator 52. As shown in Figure 4, the top surface or layer includes polarization compensator 76, the second surface or layer is a cover glass 74 of spatial light modulator 52, the third layer is spatial light modulator 52 itself, with a reflective
30 backplane. Behind spatial light modulator 52 are mounted actuators 70, 72 or mounts for actuators to position spatial light modulator 52.

An alternate method for contrast adjustment is to incorporate a polarization compensator in the path of the optical beam to correct the polarization state of the light. A single compensator may be placed in the optical path to particularly correct the off-state of the light. However, polarization compensation devices can be expensive. An efficient but inexpensive means to accomplish the same results can be obtained using linear polarizers. As was mentioned earlier, a single LCD imparts a degree of polarization rotation dependent on the color of illumination. In an effort to maximize contrast, special care must be taken to provide a truly dark "off state." Because the rotation of the light from spatial light modulator 52 is not always crossed perfectly with polarization beamsplitter element 50 in the off state, additional polarization selection must be incorporated into the optical path. Also, polarization beamsplitter element 50 is not perfect and will leak some amount of light. For these reasons, an additional sheet polarizer can be disposed either immediately before or after print lens assembly 132. This additional polarizer serves to reject leakage light that is passed through polarization beamsplitter element 50. Specifically, for a particular LCD modulator, the dark state of the light is actually rotated 7 degrees from the polarization transmitting direction of polarization beamsplitter element 50. To correct this in the preferred embodiment, a second polarizer 134 (Figure 2) is provided, rotated 7 degrees off-axis to suppress leakage light. The particular angle at which polarizer 134 must be placed is a function of the particular reflective LCD chosen for the printing system and the light source selected. A suggested placement of polarizer 134 in the optics path is shown in Figure 2.

Dithering

In an alternative embodiment of printer 100, dithering may be used to increase the inherent LCD resolution and to compensate for modulator site defects. A dithering pattern for a standard high aperture ratio spatial light modulator 52 is shown in Figures 5a-5d.

To dither a full aperture LCD is to image the spatial light modulator 52 at one position, and reposition spatial light modulator 52 a fraction of a modulator site distance away and image. In so doing, multiple images are created and overlapped. By overlapping multiple images, the system acquires a

redundancy that corrects for modulator site failure or drop out. Furthermore, by interpolating and updating the data between positions, the effective resolution is increased. Referring to the example dithering scheme depicted in Figures 5a-5d, spatial light modulator 52 is first positioned at a first modulator position 61 and modulator sites 63 are positioned and imaged (Figure 5a). Spatial light modulator 52 is then moved to a second modulator position 62 (Figure 5b) which is one half of a modulator site laterally displaced from previous position 61. Spatial light modulator 52 is then imaged at position 62. Spatial light modulator 52 is then displaced one half of a modulator site longitudinally from previous position 62, which means it is diagonally displaced from initial position 61 to a third modulator position 64 (Figure 5d). Modulator sites 63 are illuminated and the media exposed again. Spatial light modulator 52 is then moved to a fourth modulator position 65 that is laterally displaced from third position 64 (Figure 5c). The media is then exposed at this position. Using this pattern, there is effectively a fourfold increase in the amount of data written. This serves to increase image resolution and provide means to further sharpen images. Alternately, with a high aperture ratio, it may be sufficient to simply dither in one diagonal direction (that is, for example, from first position 61 shown in Figure 5a to third position 64 shown in Figure 5d) in order to achieve suitable results.

Dithering requires motion of the modulator in two directions. Each increment of motion is approximately between 5 μ m and 20 μ m for a typical reflective LCD modulator. In order to achieve this incremental motion, many different actuator 54 or motion assemblies, as shown in Figure 2, can be employed. For example, the assembly can use two piezo-electric actuators.

In an alternate embodiment for dithering, requiring minimum modification to a reflective LCD device designed for projection display, the device can be sub-apertured. In an effort to markedly increase resolution, the modulator can contain an aperture ratio that is relatively small. Ideally this aperture must be symmetrically placed within each modulator site. The result is a modulator site for which only a fraction of the area transmits light. Referring to Figure 6, there is shown an illustration of a sub-apertured area modulator. Black

regions 80 represent the non reflecting, non-transmitting regions of the device. Clear areas 82 represent the sub-apertured transmitting areas of the LCD.

Figure 7 is a cross-sectional view of an alternate two-dimensional LCD spatial light modulator 52'. There is a frame 78' which can be in the form of a CMOS backplane on top of which rests an LCD 76'. Above the LCD 76' is a cover glass 74'. Sub-apertures, to effect the pattern of Figure 6, may exist as a mask in frame 78', as a pattern in LCD 76', or as a pattern on the surface of cover glass 74' closest to LCD 76'. In an effort to double the resolution in each direction, a sub-aperture of approximately 25% may be employed. By dithering a 25% aperture ratio device, it is possible to double the resolution in the image.

Figures 8a-8d represent the dithering of a sub-apertured device. Spatial light modulator 52 is positioned at a first modulator position 84 (Figure 8a) and sub-apertured modulator sites 92 are positioned and exposed while darkened (non reflecting) regions 94 are not imaged onto photosensitive media 160. Spatial light modulator 52 is moved to a second modulator position 86 (Figure 8b) a half full modulator site (sub-aperture and surrounding non-reflective area) laterally displaced from previous position 84. Spatial light modulator 52 is then exposed at position 86. Spatial light modulator 52 is then displaced a half a full modulator site longitudinally from previous position 86 to third modulator position 88 (Figure 8c), which means it is diagonally displaced from the starting point at first modulator position 84. Spatial light modulator 52 is then illuminated and the media exposed again. Spatial light modulator 52 is then moved to a fourth modulator position 90 (Figure 8d) that is laterally displaced from third position 88. The media is exposed at this position. Effectively, there is a four times increase in the amount of data written. This serves to increase image resolution and to provide means for further image sharpening. A sub-aperture of 25% by area, as approximated in Figure 6, will give the highest image quality for a four step dither, however, in an effort to allow for redundancy in the modulator sites, it is better to use a sub-aperture ratio of greater than 25 % by area.

When the sub-apertures are not placed symmetrically within each cell, dithering becomes quite difficult. Different periods of motion can be employed; for instance, one full modulator site width lateral motion combined

with half a modulator site vertical motion makes a dither pattern. However, such motion is quite prone to image artifacts. A simple way to get around this problem is to dither using only odd columns, then repeat the dither using only even columns. Alternately, the dither algorithm may follow another pattern, dithering
5 even rows, then dithering odd rows, for example.

In an alternate embodiment, spatial light modulator 52 is left undithered. But, dithering takes place in one of conjugate image planes 28 as is shown in Figure 9. In this conjugate plane 28 a mask 184 containing the sub-aperture is placed. It is mask 184 that is dithered while the information content to
10 the modulator sites at spatial light modulator 52 is updated. This allows a sub-apertured image to be recorded although the device may not be sub-apertured. It is also possible to create an intermediate image plane, however, this will prove cumbersome.

Another means by which to accomplish the dithering through the
15 use of mask 184 is to place mask 184 in the image plane immediately before photosensitive media 160. This mask 184 can then be dithered while data is refreshed to the device between dither positions. This method of dither will accomplish the same effect as the previous method of the intermediate image.

Following spatial light modulator 52 and polarization beamsplitter
20 element 50 in Figure 1 is a print lens assembly 132. Print lens assembly 132 provides the correct demagnification of the image of spatial light modulator 52 to image plane 150 where photosensitive media 160 is located. It should be noted that print lens assembly 132 can be configured for reduction (as is needed for micrographics) or for magnification (as is needed for diagnostic imaging). The
25 configuration of print lens assembly 132 components is dependent on how printer 100 is used. With this arrangement, the same illumination optics 11 and spatial light modulator 52 components can be used with different printer 100 types.

The optical system designed using the arrangement disclosed in Figure 1 has been shown to be compact, low in cost, and efficient. The
30 combination shown in Figure 1, using a high intensity light source 29 and supporting illumination optics 11 with a reflective LCD spatial light modulator 52 and print lens assembly 132 optics optimized for COM-quality reduction, provides

- 20 -

high levels of exposure energy suited to the resolution and contrast requirements of the micrographics environment. Moreover, because image forming assembly 10 is capable of providing high exposure energy, image forming assembly 10 allows printer 100 to use dry-process media when provided with a light source
5 having sufficient power and wavelength characteristics, thereby providing performance and environmental benefits.

Achieving Grayscale Output

Printer 100 is capable of achieving sufficient uniformity while retaining the grayscale performance. Spatial light modulator 52 alone can receive
10 up to 8 bits of bit depth. However, 8 bits to the modulator may not translate to 8 bits at the media. Furthermore, LCD modulators are known to exhibit some measure of roll-off or loss of contrast at the edges of the device. To print an adequate grayscale range and provide additional bit depth, the present invention can take advantage of the fact that spatial light modulator 52 designed for
15 projection display generally refresh data faster than is required for printing. Consequently, it is possible to create a single image at the photosensitive media 160 as a super-position of a series of images. The individual images that comprise the final image can vary both in information content and illumination.

It is possible to maintain the same image data at spatial light
20 modulator 52 and, by altering the illumination level from light source 29, introduce additional bit depth. By varying the illumination level, (and/or duration), and by altering the data content controlling spatial light modulator 52, printer 100 can build a composite image out of a series of preliminary images. The superposition of the images of varied information content and varied
25 illumination level introduces additional bit depth to the composite image.

Non-uniformity Compensation

Using the present invention, printer 100 can control image forming assembly 10 to correct for some non-uniformity such as roll-off at spatial light modulator 52 edges. One way to accomplish this is to introduce additional image
30 data to spatial light modulator 52, activating only individual modulator sites 53 on the outer edge of spatial light modulator 52. These added images can then be exposed and superimposed on the other images thus giving additional depth to the

edge regions. An example method would be to scan a series of images taken at LCD spatial light modulator 52, create data maps and convolve all input data with an initial map of LCD spatial light modulator 52 to correct the image. Similar techniques can be used to adjust for modulator non-uniformities that are known prior to operation.

Alternative Embodiments for Image forming assembly 10 Components

The design of printer 100 allows a number of alternate embodiments within the scope of the present invention. Referring to Figures 10 and 11 there are shown possible alternate arrangements of components for image forming assembly 10. Notable changes to components include the following:

(1) Use of an alternative uniformizing component, such as an integrating bar 222 in place of lenslet array assembly 40. While lenslet arrays, in general, may provide better uniformity, integrating bar 222 can be an appropriate substitute for monochromatic printing applications, particularly when using coherent light sources, such as lasers. The integrating bar may help to minimize coherence effects.

(2) Use of an alternative to polarization beamsplitter element 50. A pellicle 220 can provide sufficient beamsplitting capability for monochromatic printing and can offer cost-saving advantages over polarization beamsplitter elements 50.

Pellicles 220 are well suited to monochromatic applications, such as is disclosed above (but may cause image artifacts with polychromatic systems). Specifically, pellicles 220 do not extinguish or redirect light with the efficiency of a beamsplitting cube. In addition, over a narrow wavelength band, some pellicles 220 can demonstrate interference effects. For example, if an optical system were to have competing narrow wavelength bands, such as 630 nm and 460 nm, interference effects in the different wavelength regions could cause significantly non-uniform illumination at the modulator. Additionally, pellicles 220 are more useful in systems where light intensity is not a major concern, since pellicles are not designed for applications using high levels of optical power. It should be noted that, because the pellicle is not, by itself, a polarization-sensitive device, a prepolarizer is required. If used in image forming assembly 10 of the present invention, the first polarizer would eliminate 50% of incident unpolarized light;

- 22 -

the pellicle would then eliminate another 50% of the remaining light. Because of this, spatial light modulator 52 would receive only 25% of the potential illumination. It is instructive to note that, in image forming assembly 10 as described above, light intensity demands are not severe and illumination is monochromatic for any given exposure, allowing the use of pellicle 220 as an alternative.

(3) Use of alternate beam-steering components. Suitable alternatives for beam steering other than use of polarization beamsplitter element 50 or pellicle 220 include a simple turning mirror or prism.

(4) Use of transmissive LCD components for spatial light modulator 52. For some COM applications, there may be sufficient resolution and contrast available using a transmissive LCD spatial light modulator. As is shown in Figure 11, use of a transmissive modulator for spatial light modulator 52 removes the turn in the optics path and can simplify the design.

Because of the digital addressability of the LCD device and the flexibility in varying level of illumination, the printing solutions described above provide an adequate bit depth and reasonable timing for use in a COM printer. Using the printer of the present invention takes advantage of economical, commodity LCD technology to produce low cost, high resolution prints, with high productivity.

The use of reflective liquid crystal technology allows for very high resolution two-dimensional printing. Furthermore, the use of dithering, particularly sub-apertured dithering provides means to further increase the resolution and avoid artifacts due to modulator site failure.

Preferred Embodiment for Light Source 29

Light source 29 of illumination optics 11 must provide monochromatic light at a wavelength that is best suited to the sensitivity of photosensitive media 160. In the present invention, light source 29 is selectable, allowing printer 100 to utilize any of a number of different types of photosensitive media 160. In the preferred embodiment, light source 29 comprises one or more LEDs, grouped by emitted wavelength. Referring to Figure 12, there is shown an arrangement of LEDs within a circular aperture 20, for example: red wavelength

LEDs 14, green wavelength LEDs 16, and blue wavelength LEDs 18. With this arrangement, the LEDs are distributed so as to provide exposure light evenly. LEDs of a desired color are energized under the control of control logic processor 210, based on the wavelength required for a specific photosensitive media 160.

5 Using this illumination method, printer 100 can be automatically adapted to use one or another type of photosensitive media 160 and to provide the required exposure characteristics needed by that type of photosensitive media 160. For a photosensitive media 160 that is intended for exposure by red light, control logic processor 210 would enable red wavelength LEDs 14, for example.

10 Referring to Figure 13, there is shown a cross-sectional view of red LEDs 14, green LEDs 16, and blue LEDs 18 mounted with collimating lenses 32 into a frame 19. Individual collimating lenses 32 are optional but might be useful to aid in encapsulation and position of LEDs 14, 16, and 18.

Referring to Figure 14, there is shown another alternative
15 embodiment using LEDs 14, 16, and 18. A rotatable LED wheel 26 comprises grouped LEDs 14, 16, and 18 that can be rotated into position by control logic processor 210 for providing exposure energy. The arrangement of Figure 14 might be most suitable where it is advantageous to obtain concentrated light energy from a close grouping of multiple LEDs 14, 16, and 18. However, the
20 disadvantage presented using the arrangement of Figure 14 relates to rotation of rotatable LED wheel 26, since this requires an added motor or manual operation. The preferred embodiment would use distributed LEDs 14, 16, and 18 as shown in Figure 12, arranged for selective energization as electronically switched by control logic processor 210. The arrangement of Figure 12 requires no moving
25 parts and can be implemented at lower cost than that shown in Figure 14.

LEDs 14, 16, and 18 would be specified based on exposure sensitivity characteristics of each type of photosensitive media 160 to be used in printer 100. A number of alternate arrangements are possible, including use of LEDs of any suitable color, emitting the desired wavelength. For example,
30 different groupings of red LEDs could be used for types of photosensitive media 160 that differ only slightly in terms of wavelength response. A single LED could be used for any one photosensitive media 160 type; however, the use of multiple

LEDs provides additional output intensity to be directed by image forming assembly 10.

Alternate Light Source Options

There are a number of less desirable alternatives for light source 29 that would allow the use of multiple types of photosensitive media 160 to be used by the same printer 100. Referring to the example of Figure 15, a halogen lamp 218 could be used to provide a broadband light beam 226 that is transmitted through a selectable filter element 233a, 233b, or 233c contained in a rotatable filter wheel 224 to provide a monochromatic light beam 228. Selectable filter elements 233a, 233b, or 233c could be, for example, red, green, and blue filters. As another example, selectable filter elements 233a, 233b, or 233c could each be red filters, each filter optimized for transmitting a different wavelength in the red visible region. In any event, monochromatic light beam 228 is output from light source 29 and is directed by image forming assembly 10 to provide exposure energy.

Three filters 233a, 233b, or 233c are shown in Figure 15; however, fewer or more filters 233a, 233b, or 233c could be deployed on rotatable wheel 224. Use of rotatable wheel 224 allows one filter 233a, 233b, or 233c at a time to be positioned in the optics path by a motor 214 as controlled by control logic processor 210. Control logic processor 210 can include programming logic that provides instructions for which filter 233a, 233b, or 233c to use for a certain photosensitive media 160 type, for example.

Alternate means could be employed for switching the suitable filter 233a, 233b, or 233c into the optics path. For example, filter 233a, 233b, or 233c could be manually positioned in the optics path by an operator.

It can be seen, however, that there are advantages in eliminating moving parts such as rotatable filter wheel 224. Alternative arrangements could employ multiple lamps 218 or even multiple lasers as alternate light source 29. However, arrangements such as these add cost, size, and complexity to the design of printer 100.

In addition to providing light at specific wavelengths, the present invention also allows the use of different types of light sources within the same

printer 100. This would enable printer 100, for example, to use red LEDs 14 as light source 29 for one type of media and to use a halogen lamp equipped with a blue filter 33 (Figure 11) as light source 29 for a different type of media.

Different light sources 29 could be moved into or switched into place in the optics
5 path in modular fashion, as needed, based on the media type loaded in printer 100.

It can be seen that printer 100 can be adapted for monochromatic imaging onto photosensitive media 160 of different types by switching to the appropriate light source 29 using the apparatus and method disclosed herein. It can be appreciated that there could be a number of ways in which selection of a
10 light source 29 could be made by an operator entry or action.

Automated Sensing of Media Type and Response

As an option, an automated mechanism could be employed to sense a loaded photosensitive media 160 type and to automatically select the appropriate light source 29 based on the type of media 160 sensed. Referring back to Figure 1, a sensor 234, connected to control logic processor 210, is disposed to sense an encoding 236 that is coupled to film supply 202. There are a number of possible configurations for sensor 234 and encoding 236, including the following, for example:

Where encoding 236 has the form:	Sensor 236 would be:
Barcode or other optical encoding	Barcode reader or other optical reader, such as built-in or hand-held scanner.
Transponder containing a memory that includes identifying data for the media, such as an RF transponder, "SAMPT" (Selective Addressable Multi-Page Transponder), part number "RI-TRP-IR2B" available from Texas Instruments, Incorporated.	Transceiver, such as an RF transceiver, for example, "Model S2000"™ transceiver, available from Texas Instruments, Incorporated, located in Dallas, Texas, USA.
Magnetically encoded strip	Magnetic strip reader
Memory device, such as an I-button, manufactured by Dallas Semiconductor Corp., Dallas, TX	I-button reader
Trace pattern, such as an embedded trace pattern	Trace pattern reader

10

Encoding 236 could be printed or attached to photosensitive media 160 packaging or could be provided from a network connection or manually entered by an operator. Using this option with the preferred embodiment, upon sensing media 160 type from encoding 236, control logic processor 210 would respond by energizing the appropriate LEDs for the media 160 type.

15

CLAIMS:

1. An apparatus for printing monochrome images from digital image data onto a selected photosensitive medium selected from a plurality of photosensitive media compatible with said monochrome printing apparatus, the apparatus comprising:

a light source, which is selectable, for selecting, from a plurality of light source elements, a monochromatic light source that is suited to said selected photosensitive medium;

a uniformizer for uniformizing of light emitted from said monochromatic light source;

a polarizer for filtering said uniformized light to provide a polarized beam having a predetermined polarization state;

a spatial light modulator having a plurality of individual elements capable of altering the polarization state of said polarized beam to provide an exposure beam for printing, the state of each of said elements controlled according to said digital image data;

a first lens assembly for directing said polarized beam to said spatial light modulator; and

a second lens assembly for directing said exposure beam onto said selected photosensitive medium.

2. The apparatus of claim 1 wherein said spatial light modulator comprises a transmissive LCD.

3. The apparatus of claim 1 wherein said spatial light modulator comprises a reflective LCD.

4. The apparatus of claim 1 wherein said spatial light modulator comprises a digital micromirror device.

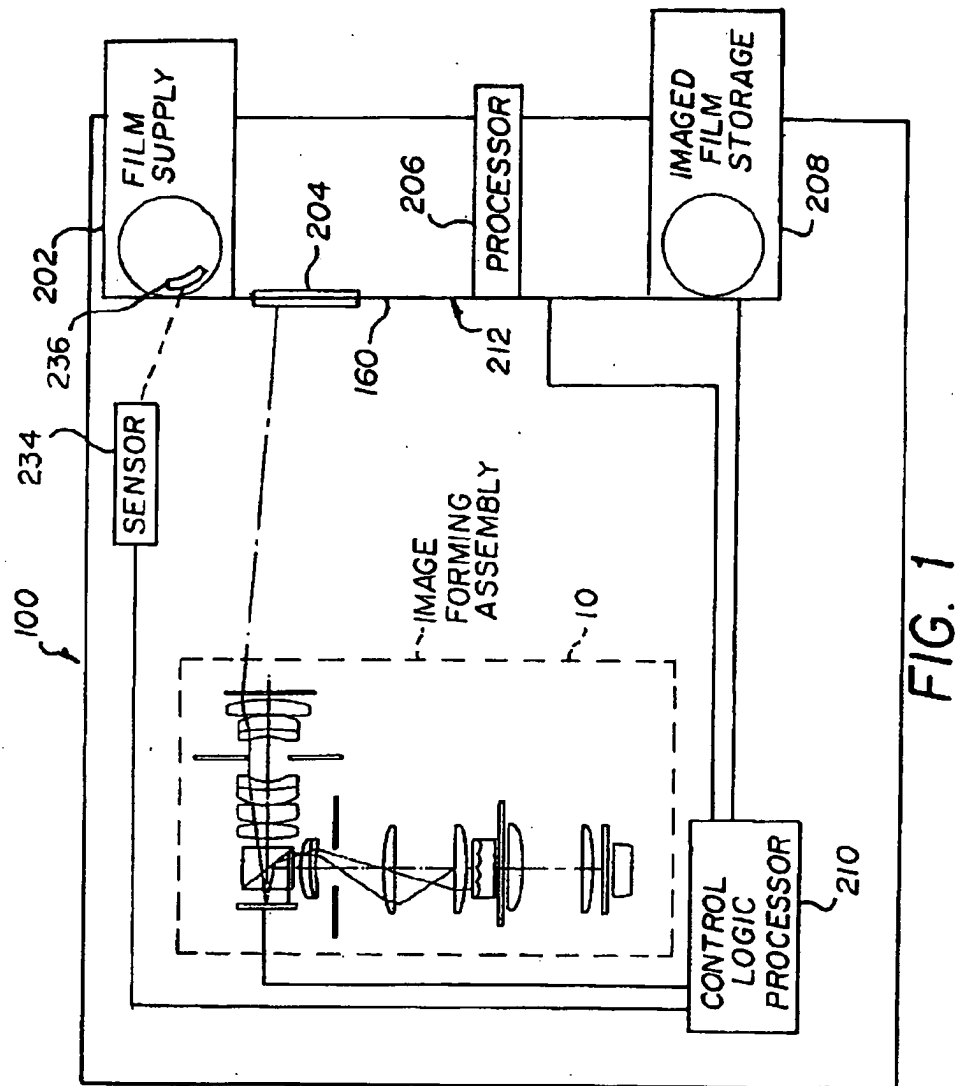


FIG. 1

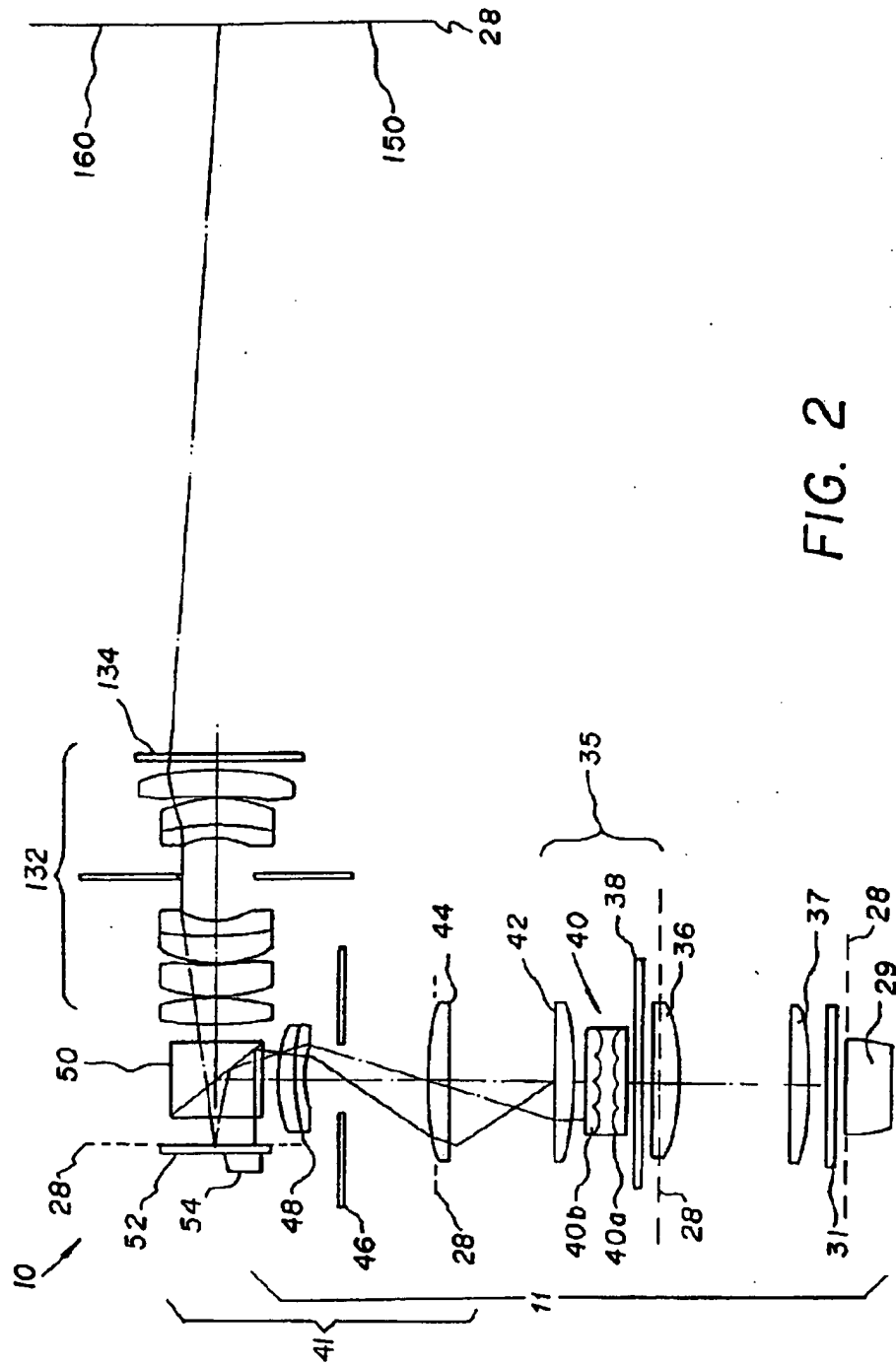


FIG. 2

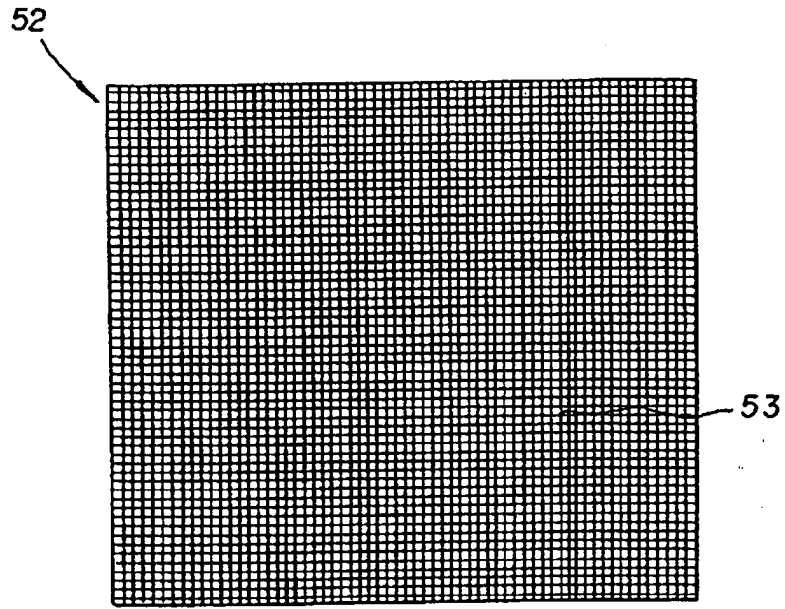


FIG. 3

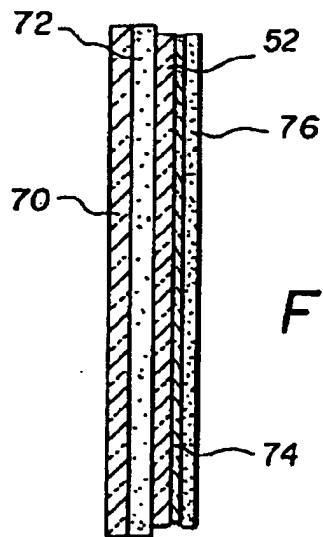


FIG. 4

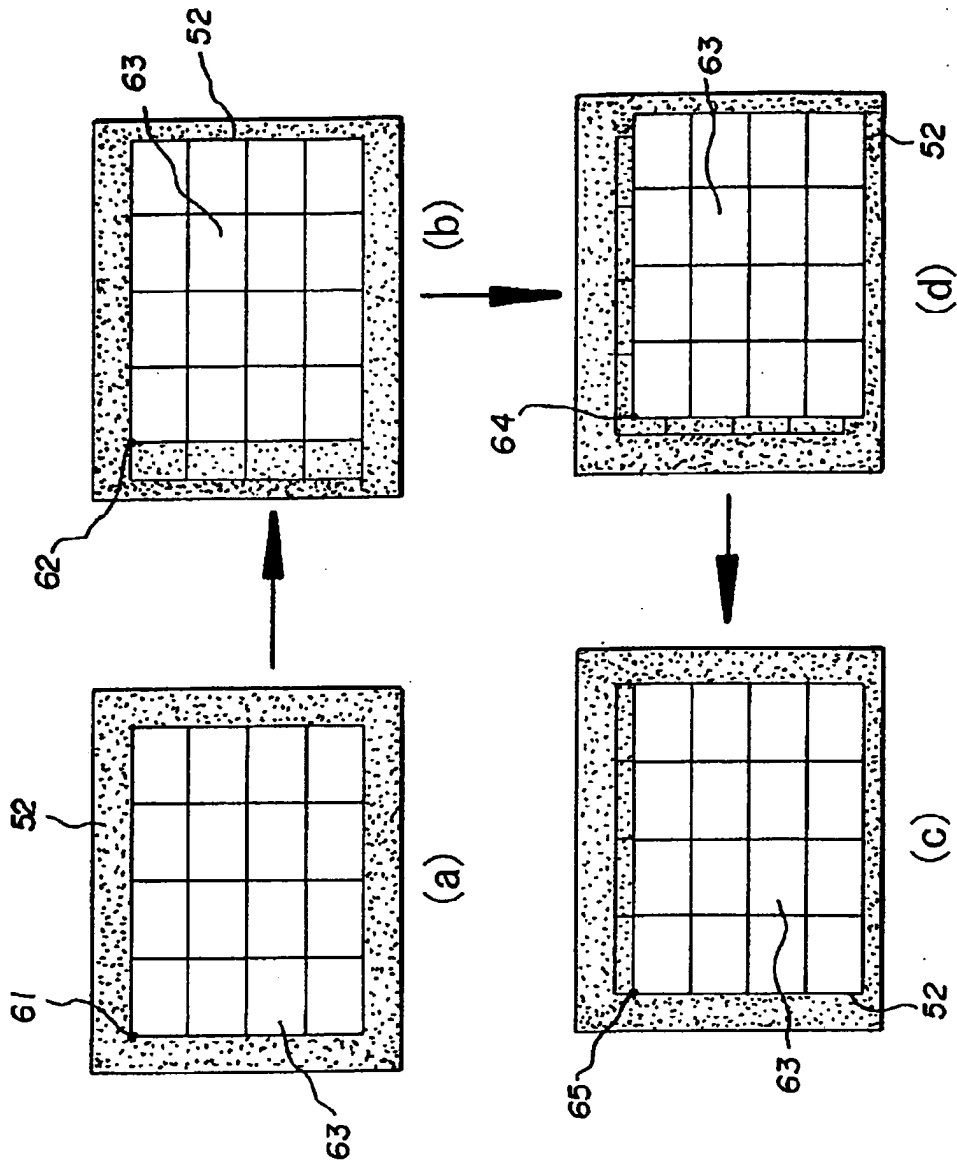


FIG. 5

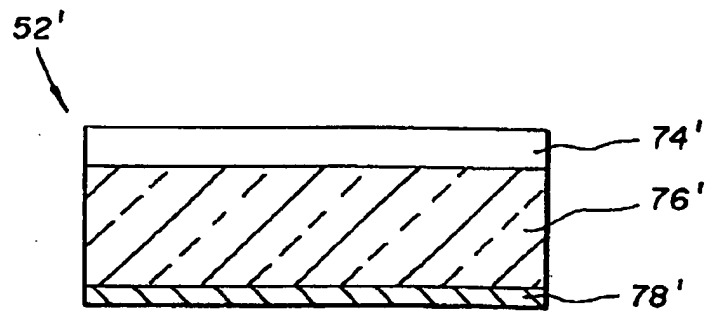
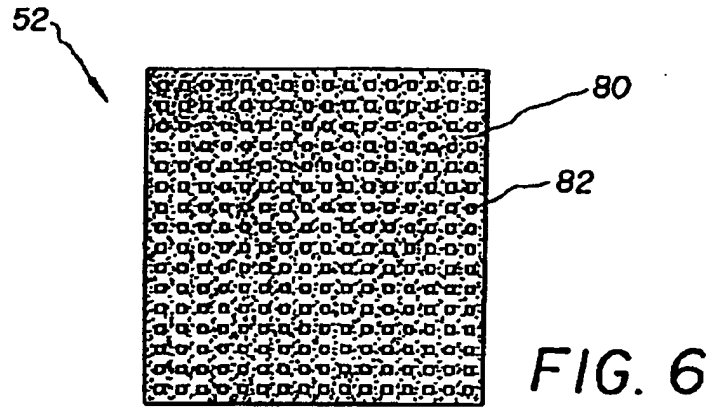


FIG. 7

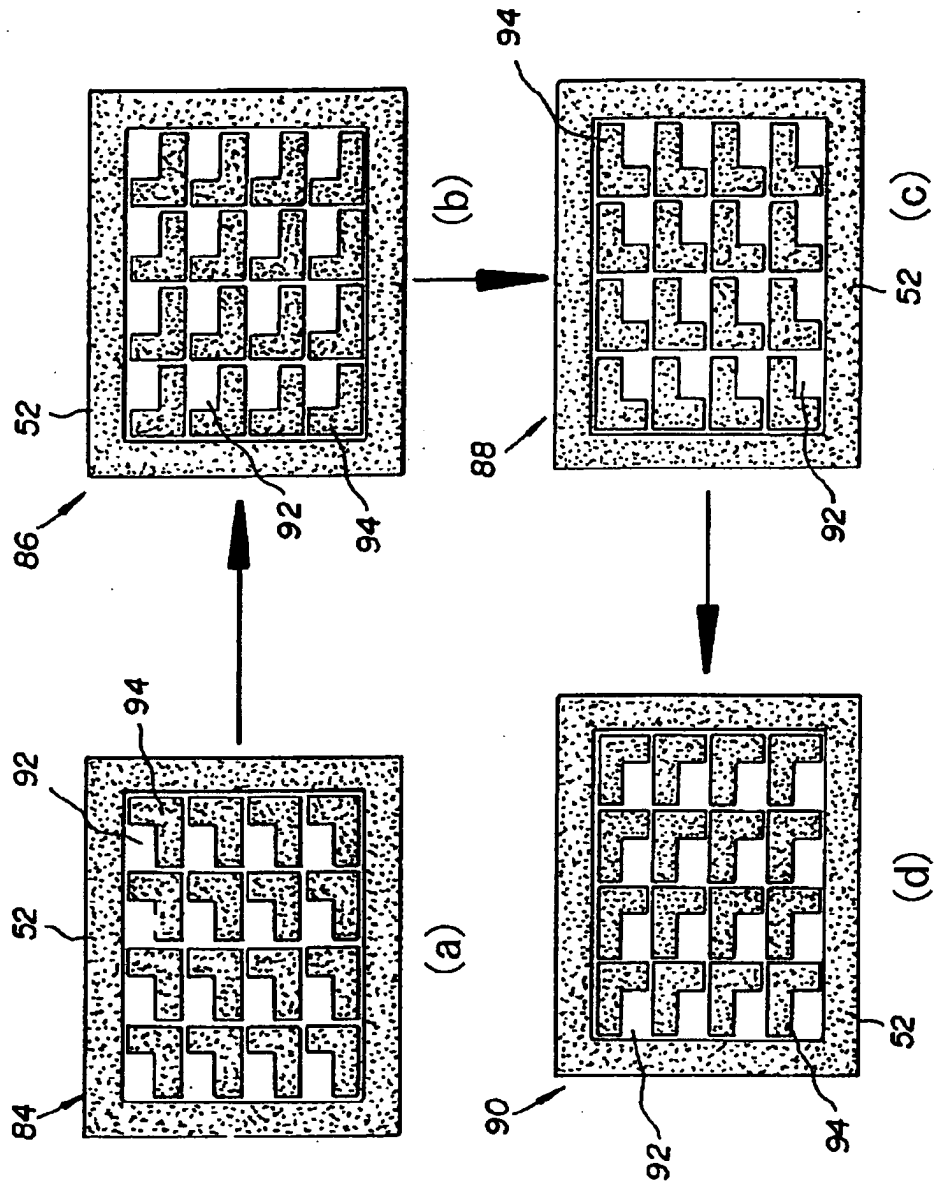


FIG. 8

(50)

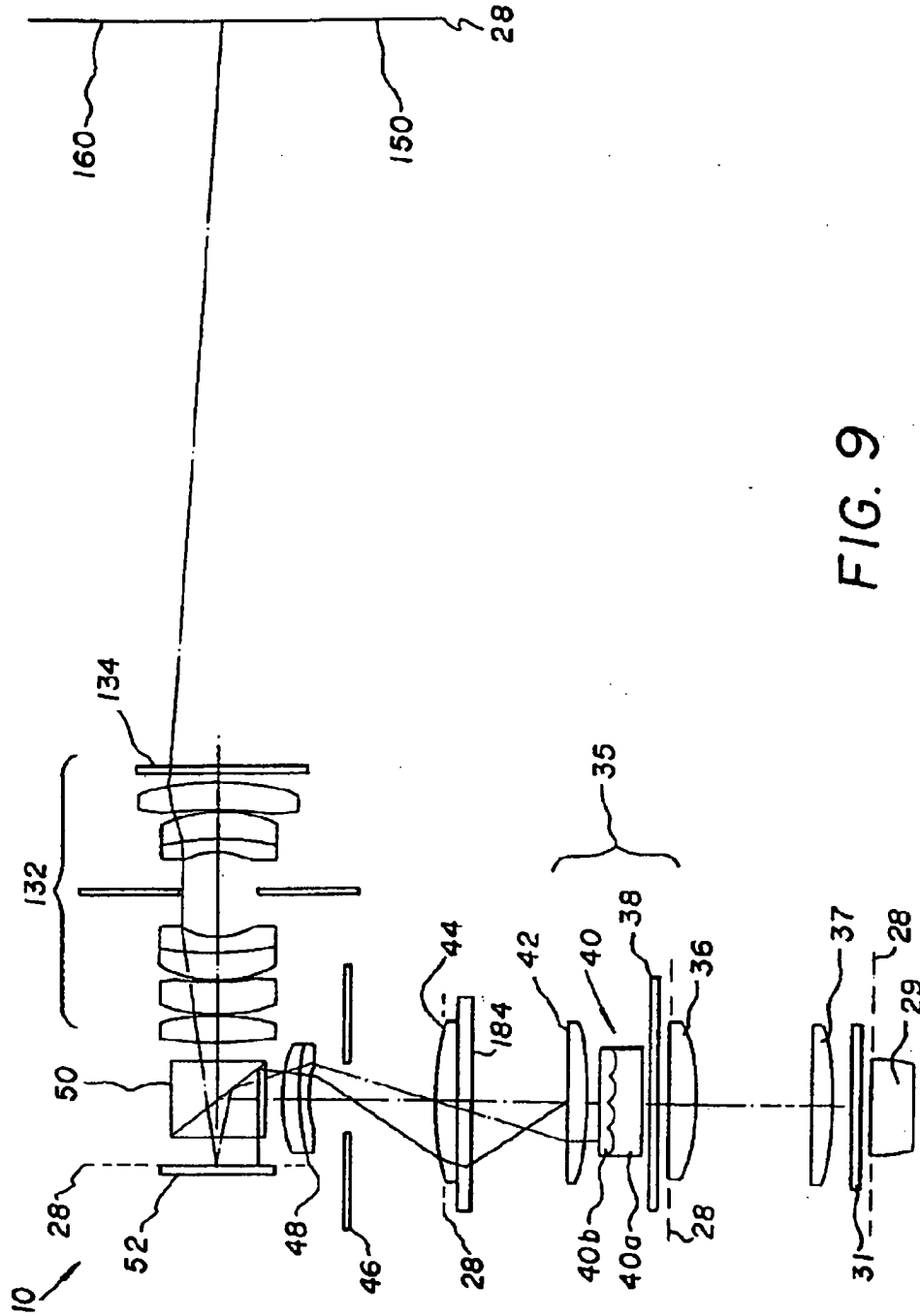


FIG. 9

(51)

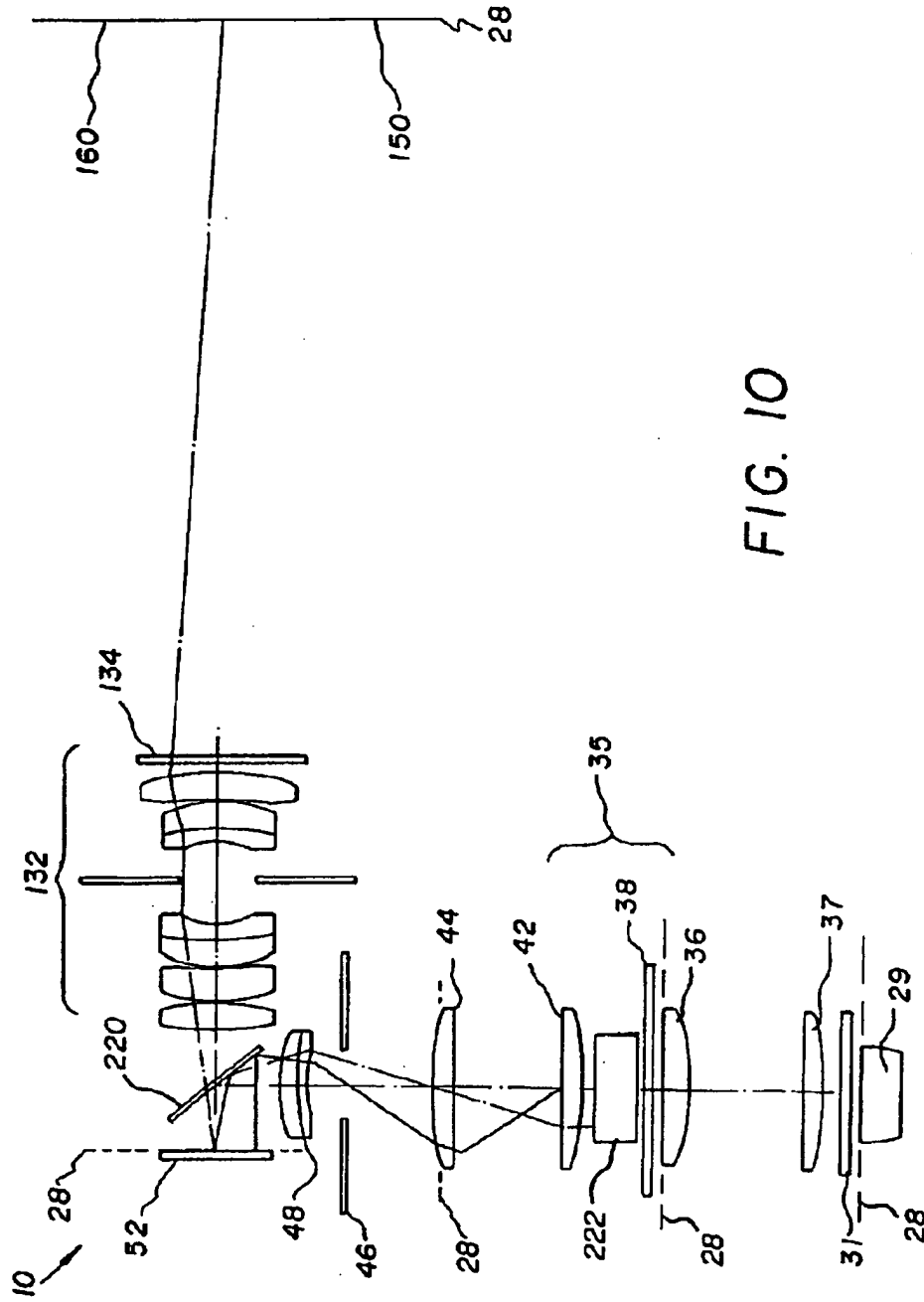


FIG. 10

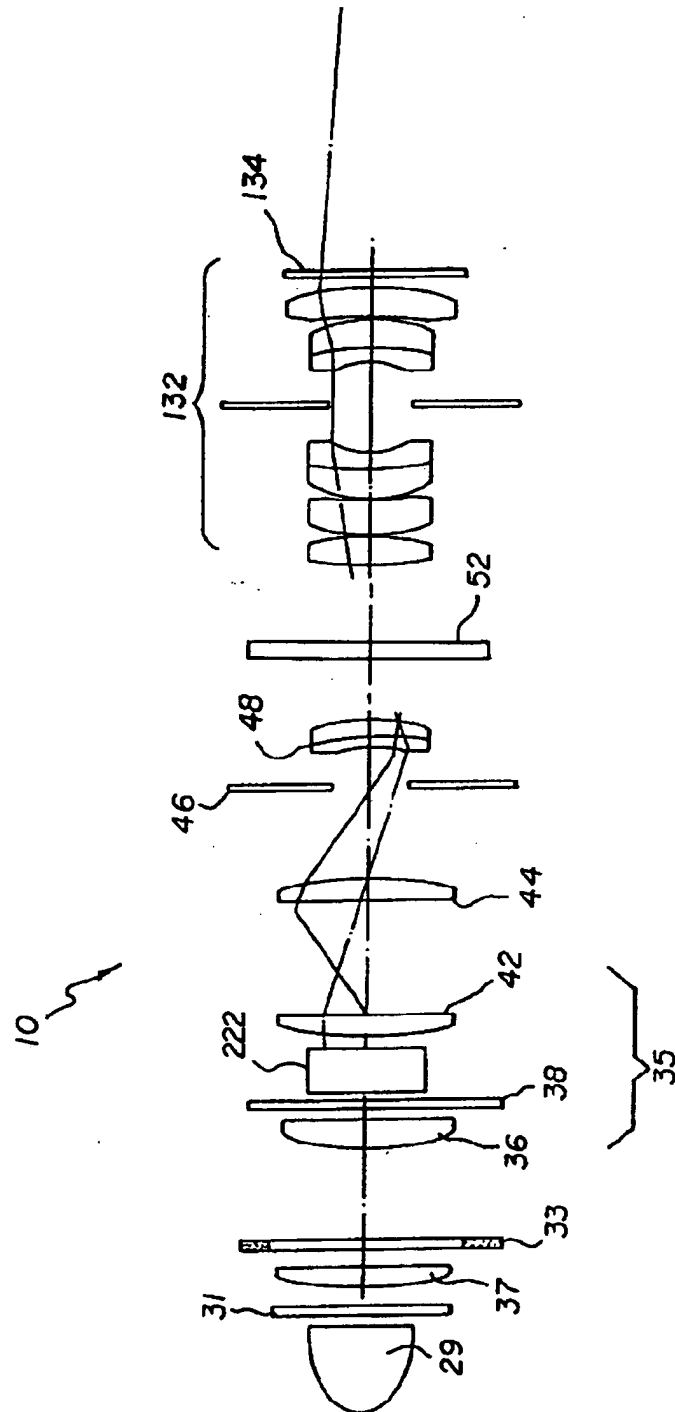
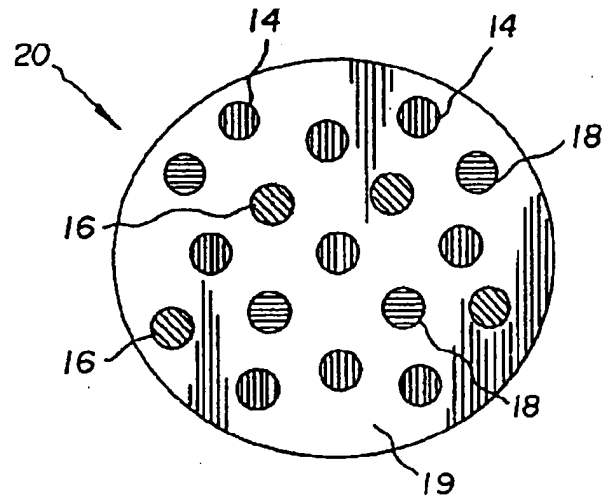
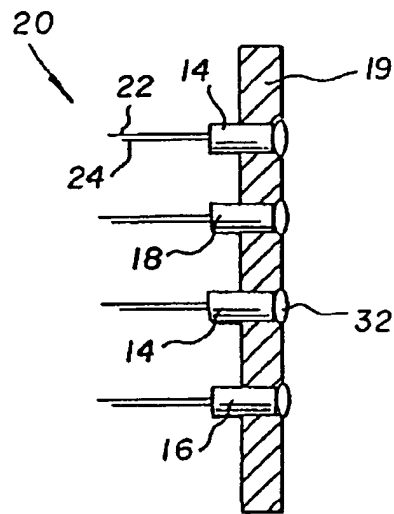


FIG. 11

*Fig. 12**Fig. 13*

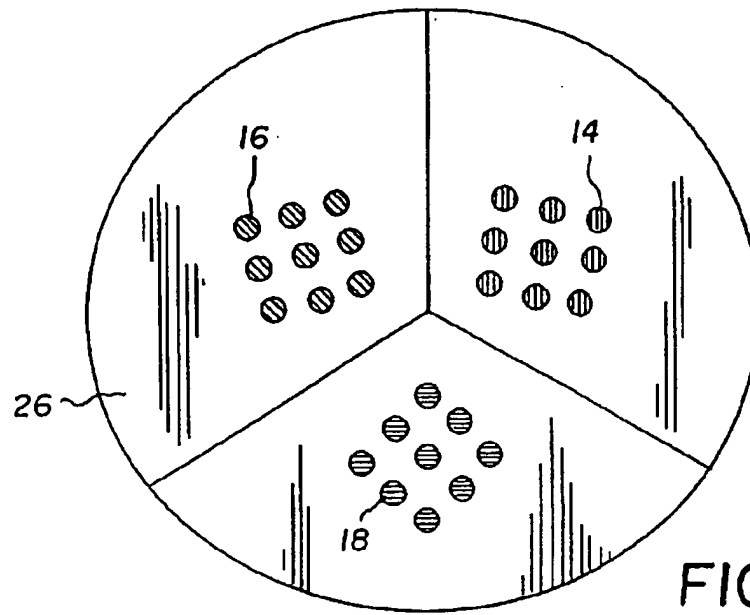


FIG. 14

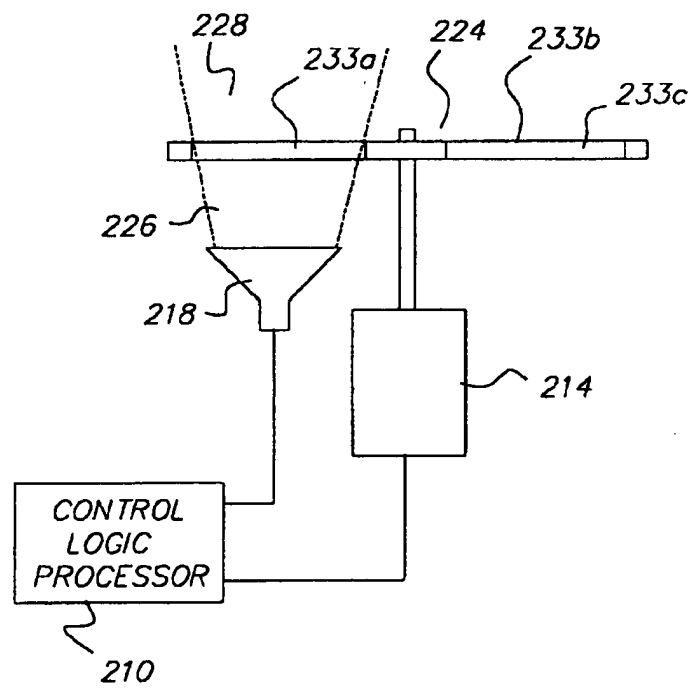


FIG. 15

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

A monochrome printer (100) and a method for printer optics design utilizing a spatial light modulator (52), able to deploy a number of possible monochromatic light sources for use with a number of different types of photosensitive media (160), are disclosed. The printer provides high resolution and grayscale imaging capability for monochromatic applications such as micrographics and for diagnostic imaging. In the apparatus and method, illumination optics (11) receive a source light beam, from one or more LEDs or from a number of other possible monochromatic light sources available on the printer (100), uniformize and polarize the beam, and direct the beam through a polarization beamsplitter element (50). The polarization beamsplitter element (50) directs one polarization state of light to an LCD spatial light modulator (52). The LCD spatial light modulator (52) modulates the polarization of the polarized beam to provide output exposure energy suitable for image marking on dry or aqueous photosensitive media (160). An optional sensor (234) allows printer (100) to automatically select a monochromatic light source of appropriate wavelength for a given type of photosensitive media (160).